

الانسان والمادة

9

سيلكا - سويسرا

فهـــــــرس

Imprimé en Italie par G.E.P. Cremona
Printed in Italy by G.E.P. Cremona

مقدمة

مامعنى كلمة «فيزياء» ؟

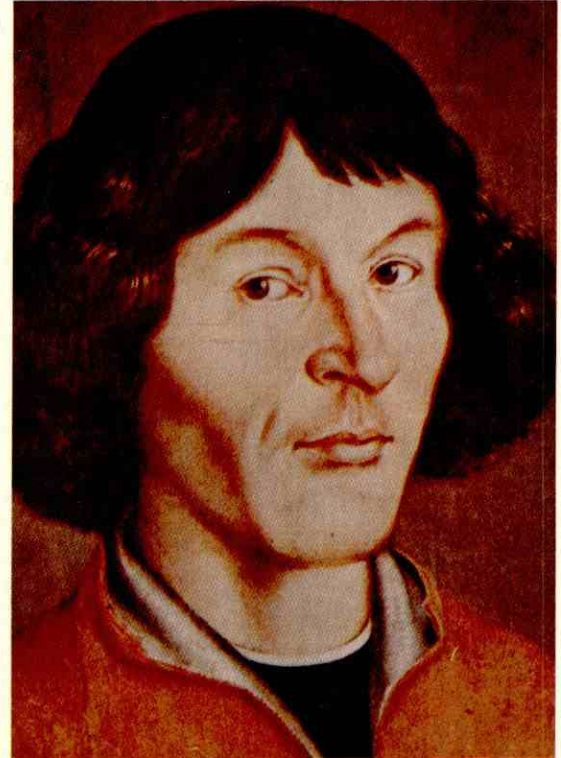
يدور موضوع هذا الجزء حول عالم الطبيعة والقوانين التي تتحكم فيه، أو بالأحرى العالم المادي او الفيزيائي. وعلم الفيزياء من أقدم العلوم وأصل تسميته من كلمة «فوزيس» «Fusis» الاغريقية التي تعني «طبيعة»، ويهدف الى فهم عمل الآليات البدائية الموجودة في الطبيعة. من ذلك مثلا دراسته لماهية الظاهرة الطبيعية والكيفية التي تنتشر بها وما هي القوانين التي تحكم حركة الأجسام وما هي العلاقات بين الحرارة والمادة وغير ذلك من الظواهر.

إن الفيزياء الحديثة التي تهتم بالقوانين المتحكمة في المادة والحركة ، قد تطورت كثيرا بفضل عالمين من القرن السادس عشر ساهما كذلك في ازدهار علوم دقيقة أخرى . فغاليلي Galilèe (أسفله) هو الذي قام بدراسات فلكية مازالت تحظى بأهمية قصوى في الوقت الراهن ، كما يرجع له الفضل في اختراع المنظار الفلكي . أما كوبرنيك Copernic فهو أول من قام بإثبات نظرية مركزية الشمس .

ولم تقف الاكتشافات الفيزيائية عند تفسير السيرورات الطبيعية الأساسية بل ساعدت كذلك على إنجاز التقدم والتطور في ميادين العلوم الأخرى. فالقوانين التي وضعها علماء الفيزياء بالنسبة لانتشار الموجات الصوتيّة قد مكّنت الجيولوجيين من استعمال تقنيات متطورة لدراسة ظواهر باطن الارض.

من هو غاليلي ؟

ويمَثّل النصف الثاني من القرن السادس عشر مرحلة جد هامّة في حقل البحث الفيزيائي وخاصّة مع ظهور نظريات غاليلي (Galilee) الذي يرجع له الفضل في ارساء عقلنة البحث العلمي. وقد سبق أن تعرضنا، في الجزء الثالث من هذه الموسوعة الخاص بجسم الانسان، إلى غاليلي ونظرياته. فهو عالم ايطالي ازداد بمدينة بيز حيث درس الطّب والرياضيات وعلم الفلك. وهو مكتشف المنظار الفلكي وعدّة نظريات وقوانين تتعلق بالحركة والقوى. وقد قام بتأكيد نظريات كوبرنيك (Copernic) وهو عالم بولوني، سبق أن قال بوجود نظام شمسيّ تكون فيه الشمس بمثابة المركز المستقر الذي تدور حوله عدّة كواكب من جملتها الأرض. وترجع أهميّة أعمال غاليلي





ماهي أهمية الملاحظة في العلوم ؟

الى كونها تتميّز عن أبحاث الاغريق القدامى إذ لا ترتكز على مبادىء وعقائد مجرّدة، بل على الملاحظة والتجربة الملموسة. ذلك أن العلماء الأقدمين بمن فيهم أرسطو، قضوا قرونا طويلة في مناقشة نظريّاتهم دون أن ينتقلوا إلى مرحلة إخضاعها إلى تجارب تقييميّة، وكانوا في كثير الأحيان يخلطون بين العلم والفلسفة والدين.

وبعد ابحاث غاليلي أصبح بالامكان الحديث عن «**المنهج التجريبي**»، أي المنهج الذي يجمع بين الملاحظة والتجريب بهدف إعادة إنشاء الظواهر التي تحدث في العالم من حولنا، في ظروف ممكنة وقابلة للمراقبة والقياس، فالباحث ملزم بتكرير تجاربه مرّات متتالية وبجمع وتقييم ووضع عدد كبير من المعطيات قبل أن يخلص إلى الاستنتاجات النهائية، ولا يضع نظريّة أو قوانين إلاّ بعد التأكدّ من قيمتها وسلامتها على ضوء ما قام به من تجارب واستخبارات.

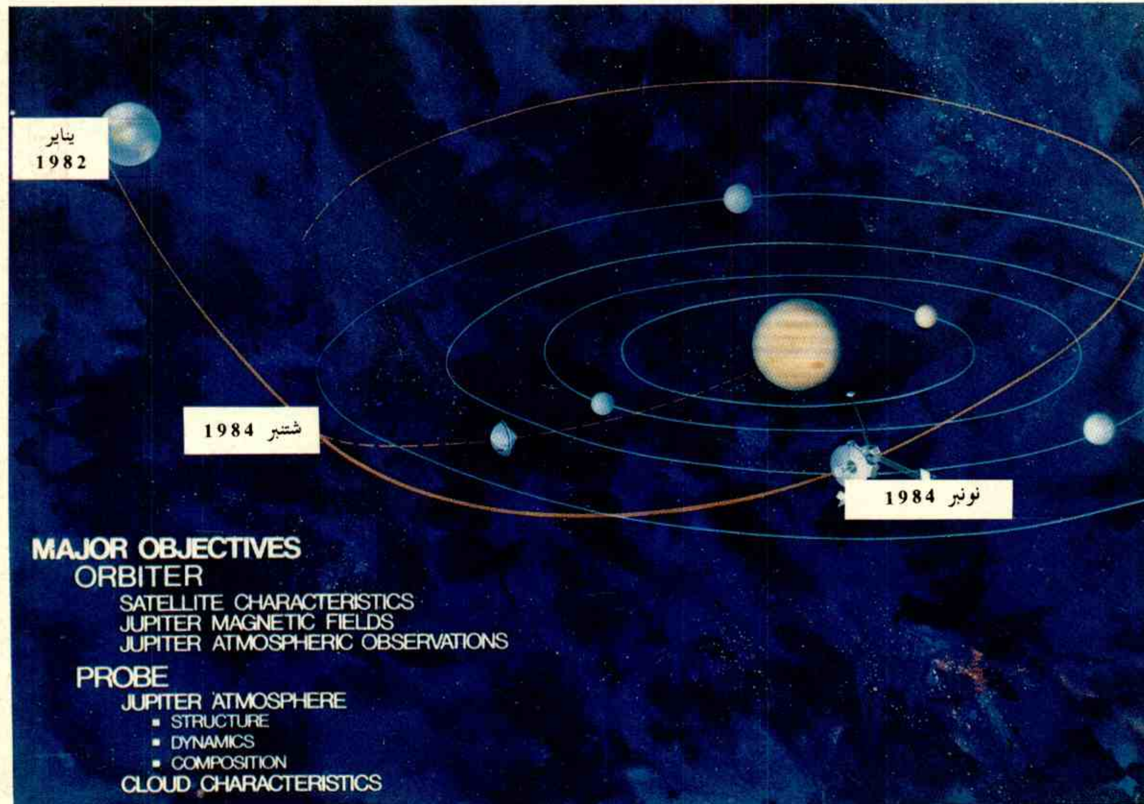
ومن البديهيّ أن دراسة العلوم تتطوّر باستمرار، وأنها مرهونة بالفضول العلمي الذي يطبع العقل الانساني وبكل ما يحققه العلماء من تقدّم في شتّى الميادين يدفع إلى المزيد من البحث والتنقيب.

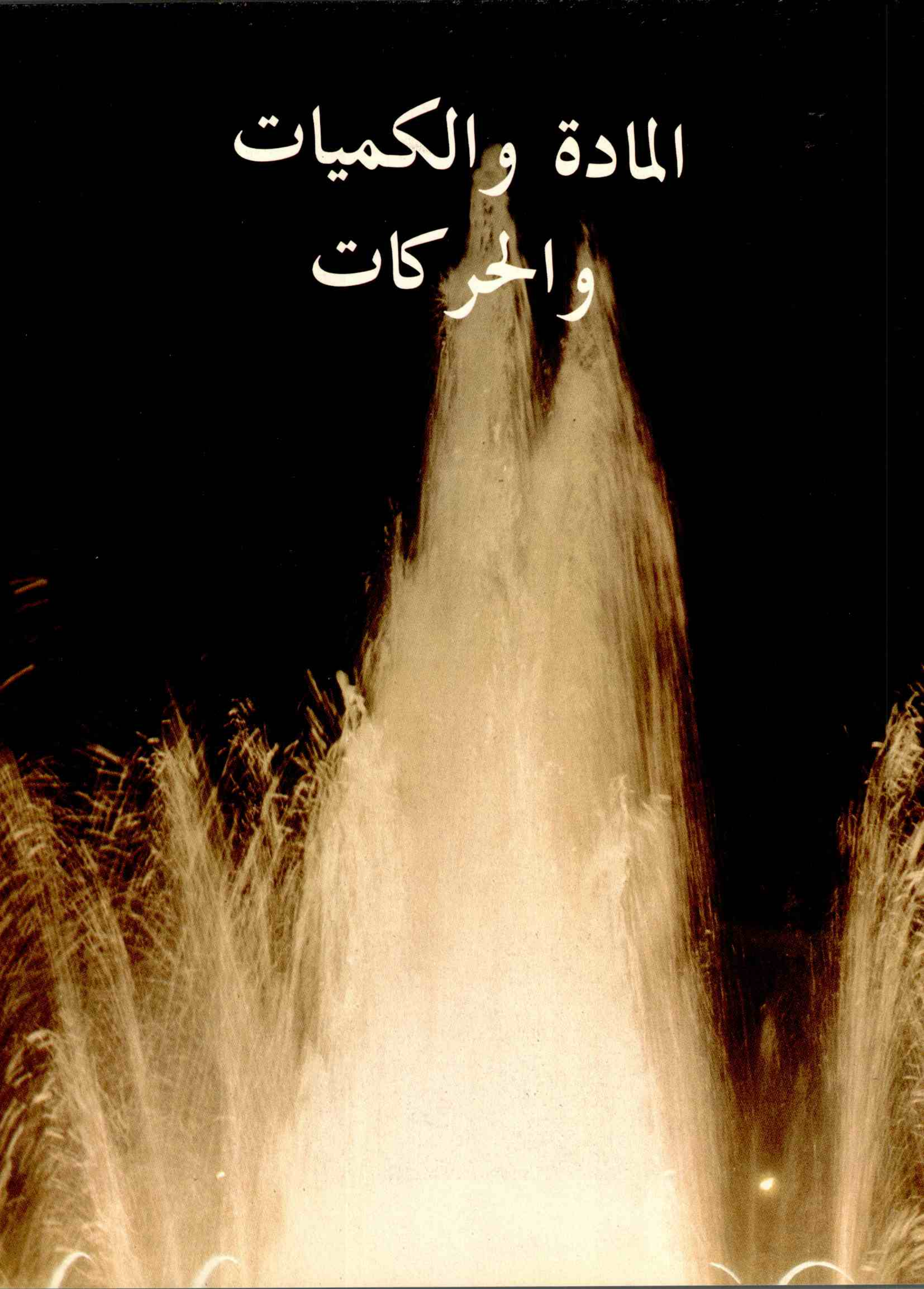
والجدير بالذكر أن البحوث العلميّة لا تأتي دائما بالنتائج المرتقبة، وأنها في بعض الأحيان تتطلّب سنوات طوالا من الانتظار والصبر قبل الوصول إلى استنتاجات مرضية. وفي بعض الحالات يكون الأمر رهين الصدفة، إذ يحدث أن تتمخّض دراسة مسألة معيّنة عن اكتشاف ظواهر لم تكن في حسبان الباحث، فحين استعمل غاليلي منظاره لأول مرّة، رأى أربعة أقمار تدور حول المشتري، لم يسبق أن تعرّف عليها أحد من قبله.

ولا يمكن القيام بالدراسة الفيزيائيّة دون استعمال مبادىء الرياضيات والهندسة، ولذلك فالدراسة التي سنقدمها فيما يلي سوف تتخلّلها بعض الاشارات إلى هذين العلمين حين يكون ذلك ضروريا لفهم الظاهرة **الفيزيائية التي يُعنى بها البحث.**

وممّا لا ريب فيه أن العالم الذي سوف نقوم بدراسته يشمل ظواهر شيّقة وغنيّة بالأسرار التي نجهلها وقد لانفهمها دون مساعدة الدراسة العلميّة المفصّلة، ولذلك فإن البحث الفيزيائي تحفّ به الصعاب من كل جانب وعلى المقبل عليه أن يتحلى بالارادة والفضول العلمي والمواضبة والتجرّد من الأفكار المسبقة قبل فهم التجارب والقوانين التي تسفر عنها.

لقد ساعد المنهج التجريبي الذي وضعه غاليلي على تقدّم البحث العلمي وتحقيقه لانجازات مهمة في حياة الانسانية . وقد أضيفت مبادئ هذا المنهج إلى الخصائص التي يتميز بها الانسان كالفضول العلمي وحب الاستطلاع لتمكّن البشرية من الانتقال من النظريات الساذجة حول الكون الى الملاحظة الدقيقة بواسطة الأقمار الصناعية التي أصبحت ميادين الانتفاع بها تتكاثر يوما عن يوم في العصر الحالي (أسفله)





المادة والكميات والحركات

المـــادّة

ماهي المادة ؟

منذ أقدم العصور والانسان يحاول أن يسيطر على المادة الأوليّة التي تعتبر العنصر الأساسي والقارّ في كل سيرورات التغيّر والتطوّر.

ومن بين نظريّات الفلاسفة الاغريق، نظريّة ديموقريط (Démocrite) الذي عاش خلال القرن الرابع قبل الميلاد، وكانت من أهمّ نظريّات العصر. فهي تؤكّد أن جميع الأجسام تتكوّن من جزيئات لا مرئيّة وغير قابلة للتجزيء تسمى «الذّرات» توجد بينها مجالات فارغة، وهذه الذّرات دائمة الحركة، وهي تتجمّع وتفترق لتشكّل بذلك جميع الأجسام المعروفة.

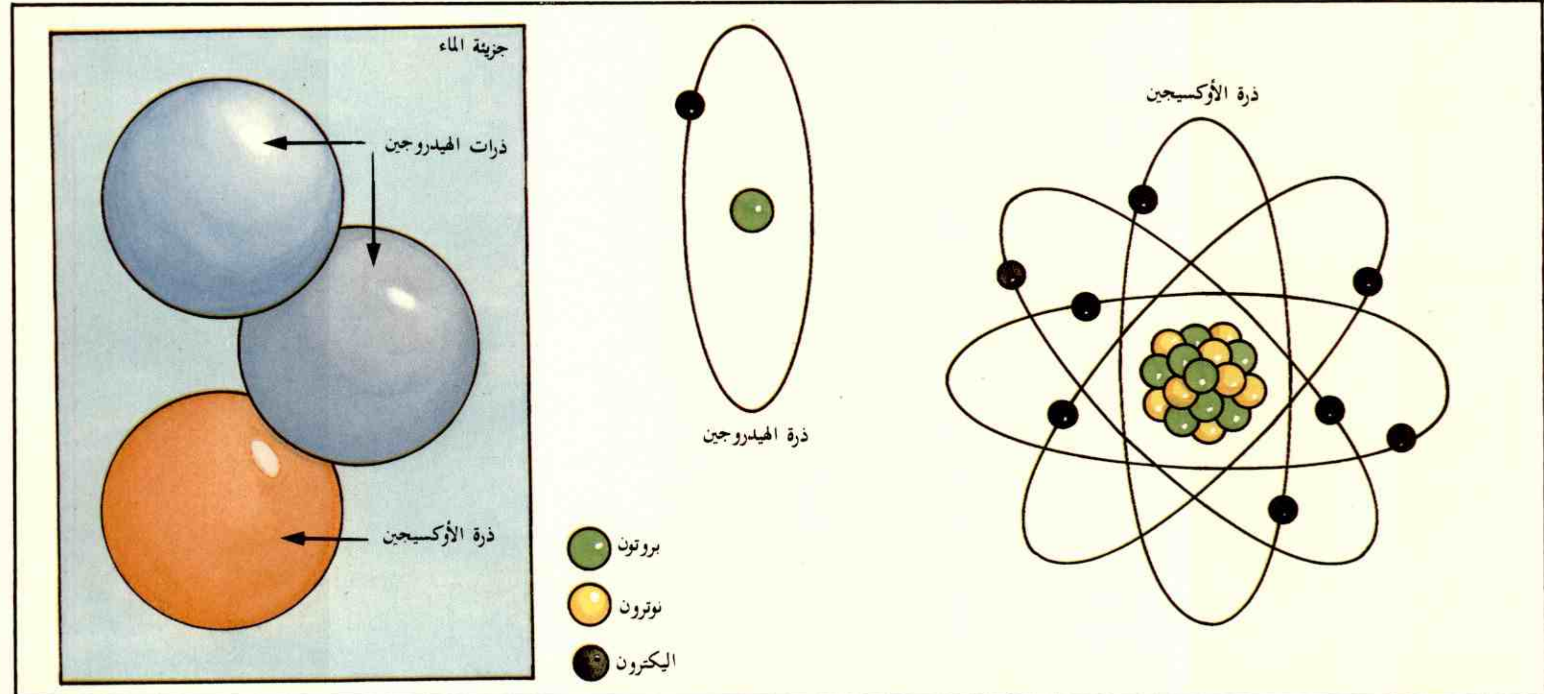
ماهو أصغر جزء في المادة ؟

وقد بقيت نظريّات ديموقريط لمدة طويلة مرفوضة وعرضة للانتقاد والمعارضة، إلى غاية القرن الثامن عشر حيث قام عالمان انجليزيان هما بويل (Boyle) ودالتون (Dalton)، بتبنّي فكرة تشكّل المادّة من مجموعة من الوحدات البدائيّة.

وقد مكنت التجارب المتعدّدة من التأكّد من أن المادّة ليست قابلة للتجزيء بلا حدود، ولكن جميع الأجسام مكوّنة من عدد غير محدود من العناصر الدّقيقة والمتساوية فيما بينها وتسمّى **بالجزيئات**، **فالجزيئة** هي إذن أصغر جزء يمكن الوصول اليه عند تجزئة الجسم، يكون محتفظا بخصائص الجسم نفسه كاملة غير منقوصة. وتنقسم الجزيئة بدورها إلى **ذرّات** متساوية لدى العنصر الواحد ولكنها تختلف من عنصر إلى آخر.

وبإمكان العناصر المختلفة أن تركّب فيما بينها لتشكل عناصر مركّبة تحتوي حتى في أصغر اجزائها على عدد محدّد من ذرات كل عنصر من العناصر المكوّنة لها، والذّرات غير متغيّرة أي أنها غير قابلة للانشاء أو التحطيم، ولكن فقط يعاد توزيعها بواسطة تفاعلات كيماويّة.

إن المادة بجميع أشكالها ، بما فيها الاجسام الكبرى والدقيقة ، تتكوّن من جزيئات تنقسم بدورها الى ذرات . فإذا أخذنا جزيئة الماء التي يُرمز اليها بـ H_2O، سنلاحظ أن هذه الجزئية تتألف من ذرتي هيدروجين وذرة اوكسيجين . وتتكوّن ذرة الاوكسيجين بدورها من ثمان نوترونات وثمان بروتونات تناسبها خارج النواة ثمان اليكترونات . أما الهيدروجين فهو العنصر الأكثر خفة ، إذ لا يتوفّر سوى على بروتون واحد واليكترون واحد .



حالات الانضمام والتجمّع

من خلال التجارب اليوميّة أمكن التعرّف على ثلاث حالات لانضمام وتجمّع المادّة، تكون رهينة المسافة بين الجزيئات وقوّة التماسك التي تجمع بينها والحركة التي تصدر عنها. ويتعلق الأمر **بالصلابة والسيولة** والحالة الهوائيّة.

فالجسم يكون **صلبا** إذا كان ذا شكل قارّ وكتلة محدّدة، وتكون قوّة التماسك شديدة لدى الأجسام الصلبة وتقتصر حركة الجزيئات على سلسلة من التذبذبات السريعة حول نقطة قارّة، فالحجر والخشب والحديد من الأجسام الصلبة.

أما الجسم **السائل** فهو يتوفّر على كتلة خاصّة ولكن شكله مرهون بشكل الوعاء الذي يحتويه، وتكون قوة التماسك في السوائل ضعيفة وبإمكان جزيئاتها ان تدور وتختلط باستمرار وقد تفلت أحياناً من الوعاء. والماء والزيت والمشروبات كلها من الأجسام السائلة.

والاجسام **الهوائية** الخصائص تكون دون شكل ودون كتلة خاصّين. وتكون حركة الجزيئات في هذه الأجسام متواصلة وسريعة وغير منتظمة، وكل الغازات المعروفة هوائية الشكل كالأوكسيجين والاثير والهيليوم وغيرها من الغازات.

والواقع أن هذا التمييز بين الأجسام الثلاثة يبقى تقريبيًا لأن حالة المادة ترتبط أيضا بالظروف الفيزيائية التي توجد عليها. فالتغير الحراري مثلاً قد يزيد أو ينقص من قوة تماسك الجزيئات مسهّلاً بذلك الانتقال من حالة إلى أخرى، وذلك ما يحدث بالنسبة للماء الذي بإمكانه الانتقال من الحالة الصلبة أي الجليد إلى الحالة السائلة عندما ترتفع الحرارة فوق صفر درجة مئوية، كما ينتقل إلى الحالة الهوائية أو الغازية عندما تتجاوز الحرارة المائة درجة مئويّة، وقد سبق أن تعرضنا إلى هذه الظاهرة في معرض الحديث عن الأنظمة البيئية وسوف نقوم فيما يلي بتحليل مدقق للحالات الثلاث.

فالاجسام **الصلبة** تكون غالباً ذات بنية بلّوريّة، أي أن ذراتها تكون موضوعة بكيفيّة منتظمة وفق ترتيبات محدّدة. وهي ذات شكل هندسيّ يعرف بالبلّور وبمقاييس بالغة الاختلاف، وفي بعض الحالات، نكون إزاء أحاديات البلّور كبيرة الحجم كما هو الحال لدى بعض بلورات المَرْو (الكوارتز)، والتي قد تزن أحياناً عشرات الكيلو غرامات، وفي حالات أخرى نكون أمام بلّورات مجهريّة كبعض أنواع الرخام، لا ترى واجهاتها إلاّ بالمجهر أو بتقنيات أخرى.

وهناك أيضاً أجسام صلبة أخرى لا تتوفّر على بنية

لماذا لا يملك كل من الماء والهواء شكلا قارّا ؟



1



2



3

تتمثل المادة أساسا في ثلاثة أشكال : أشكال هوائية وأشكال سائلة واشكال صلبة . ويكمن الاختلاف مابين هذه الأشكال في حالة انضمام وتجمّع الجزيئات المكوّنة للأجسام ، أي في درجة ائتلافها حسب طبيعتها الصلبة أو السائلة أو الغازية . وتعد البلّورات (صورة 1) من الأجسام الصلبة في حين تندرج مياه البحر ضمن الأجسام السائلة (صورة 2) وبخار الماء الذي يشكّل السحاب (صورة 3) من الأجسام الهوائية الشكل او الغازية .

لماذا يغلي الماء ؟

لماذا ينضغط الهواء ؟

بلّوريّة وتعرف بالأجسام **اللا بلّورية** وتعدّ من الحالات القصوى للسوائل ذات **اللزوجة** المرتفعة. واللزوجة خاصية مميّزة للموائع أي السوائل والهوائيات، وترجع إلى تواجد قوى احتكاك داخلي تعارض تمييع الجزيئات، ومن الأجسام اللا متبلّرة نذكر الزجاج والشلجميّ والقطران او الزفت.

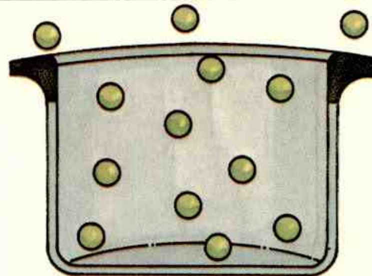
وللسوائل كما ذكرنا، كتلتها الخاصّة التي تتغيّر حسب درجات الحرارة. وتخضع دقائق السائل إلى عمل الضغط الذي ينطلق من الداخل نحو الخارج، والمعروف **بتوتّر البخار**. ويدفع توتّر البخار الدقائق لكي تغادر السائل، وهو يتضاعف مع الحرارة ويصل إلى أقصاه عند غليان السائل. **ونقطة الغليان** هي درجة الحرارة التي تتساوى عندها قيمة توتر البخار مع الضغط الخارجيّ، وهي مميّزة لكل سائل، فالماء مثلاً يغلي تحت الضغط الجوّيّ عند حرارة تبلغ مائة درجة مئويّة وكحول الايثيليك يغلي عند 78،5 درجة مئويّة والحمض الخلّيك عند 1،8 درجة مئويّة.

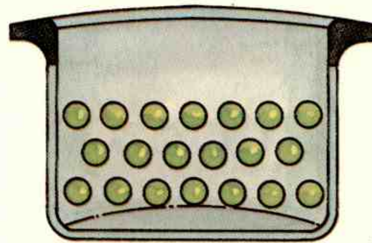
ويمكن استعمال مختلف نقط الغليان لفصل السوائل الموجودة في أحد المركبات، عن طريق عمليّة تعرف **بالتقطير**، يتم خلالها غلي المركّب ثمّ توجّه بخاراته نحو ثلاجة ... فالسوائل ذات أدنى نقطة غليان تكون السّباقة إلى الغليان وتذهب بخاراتها إلى الثلّاجة حيث تتكثّف ويتم التقاطها وتجميعها، وشيئا فشيئا يتم تصعيد الحرارة وغلي كل سوائل المركّب بالتتابع واحدا بعد الآخر، والتقطير هو الأسلوب النموذجي المستعمل في محطّات التكرير وفي صناعة المشروبات الروحيّة.

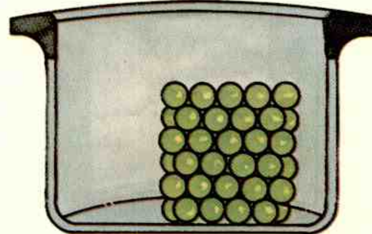
وتتوفر الأجسام **الهوائيّة الخصائص** على جزيئات ذات حريّة كبرى من حيث التحرّك أنى شاءت، ونظرا لكونها بدون كتلة، فهي تحتلّ المجال الذي يخصّص لها. والغازات، على غرار السوائل تتعرض لتأثير الحرارة

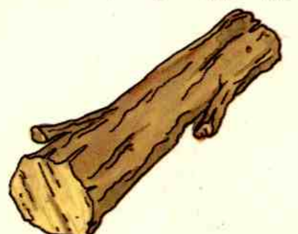
الرسم 1: بنية جزيئية لعنصر هوائي وهو الهيليوم ، ونلاحظ المسافة بين جزيئة وأخرى .
الرسم 2 : بنية جزيئيّة لعنصر سائل وهو الماء ، وتظهر الجزيئات أكثر قربا بعضها من بعض .
الرسم 3 : بنية جزيئية لعنصر صلب وهو الخشب ، وجزيئاته متحدة فيما بينها .

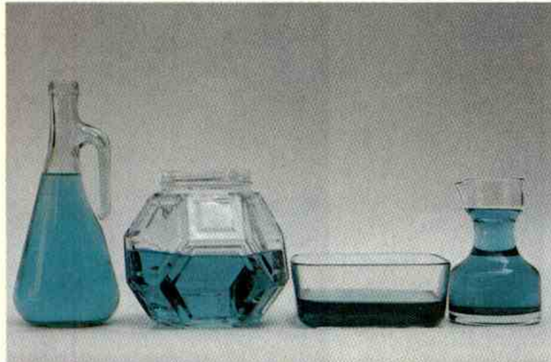
صورة 1 : تتميز السوائل بكونها لا تتوفّر على شكل قارّ . كما أنها تتقولب مع أشكال الأوعية التي تحتويها .
صورة 2 : إن السوائل لا تتوفّر كلها على نفس الكثافة ؛ فبعضها لا يمتزج بالسوائل الأخرى لكونها لزجة ، ومنها على الخصوص الزيوت .





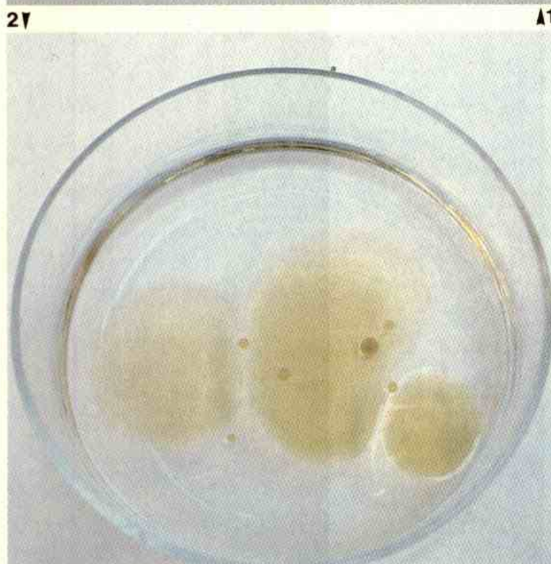






1

2

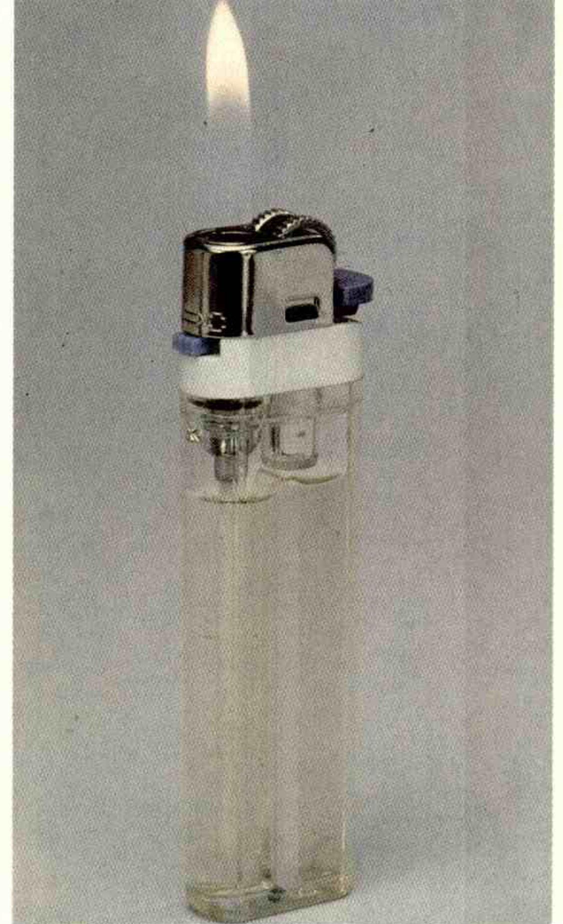


وتخضع كذلك لتأثير الضغط، أي أنها على عكس السوائل تنضغط بسهولة.

وقد قام العالم الانجليزي بويل وبعده الفرنسي غي لوساك (Gay Lussac) بدراسة العلاقة بين الكتلة والضغط والحرارة لدى الغازات واسفرت ابحاثهما عن وضع القوانين التالية :

- **قانون بويل** : عند حرارة قارّة تكون كتلة كميّة غازية متناسبة عكساً مع ضغطها.
- **قانون غي لوساك الأول** : في جميع الغزات ذات الضّغط القارّ، يتناسب كل ارتفاع محدّد للحرارة مع زيادة في الكتلة.
- **قانون غي لوساك الثاني** : في جميع الغازات ذات الحرارة القارّة، تتناسب كل زيادة في الكتلة مع نفس ارتفاع الضغط.

الصورة أسفله : قدّاحة بالغاز السائل . إن الأمر لا يتعلق بتناقض . فالأجسام تستطيع تغيير حالتها حسب الظروف التي تتعرض لها . ففي المعامل الكبرى حيث يعالج الحديد ، يذوب هذا المعدن تحت درجات حرارة جد مرتفعة ويتحوّل من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة المكثفة (الصورة جانبه) .



تغيّرات الحالة :

إن الحرارة كما رأينا سابقاً تلعب دوراً مهمّا في مختلف حالات المادّة وفيما يلي مظاهر تغيّراتها.

فالذّوبان أو الانصهار هو انتقال المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة. ويتمّ عند درجة حراريّة معيّنة بالنسبة لكل مادّة، وتعرف **بنقطة الذّوبان** أو **نقطة الانصهار** وهي تكون قارّة إلى أن ينتقل مجموع الكتلة الصلبة إلى الحالة السائلة. وغالباً ما يترتّب عن الذّوبان زيادة في كتلة الجسم، الاّ أن هناك استثناءات لهذه القاعدة، ومنها مثال الجليد الذي تتقلّص كتلته عند تحوّله إلى ماء وذلك ما تعرضنا له عند الحديث عن الانظمة البيئيّة للبحيرات، ويتمّ صهر المعادن بالخصوص لتحويلها إلى مقاييس سهلة الحمل والتداول، فالذهب مثلاً يذاب ليتحوّل إلى سبائك.

والتصلّب هو الانتقال من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة، ويتمّ هذا التغيير عند نفس الحرارة التي يتمّ فيها الذّوبان، وهكذا **فنقطة التصلّب** تساوي نقطة الذوبان. فالذهب بعد انصهاره يسكب في قوالب ثم تخفّض الحرارة إلى نقطة التّصلب للحصول على السبائك.

أما **التبخّر** فهو الانتقال من الحالة السائلة إلى الحالة الهوائية، وهو يحدث على السطح الحرّ للسوائل وعند أي

ماذا يحدث عند ذوبان الحديد ؟



لماذا يتبخّر الماء ؟


أعلاه: إن الجليد محفوف أحيانا بالمخاطر . ونلاحظ سطح البحيرة المصقول بحيث يصعب على الانسان البقاء واقفا

حرارة. فإذا تمّ إرسال البخار من داخل كتلة السائل عند حرارة معيّنة وقارّة وقيمة ضغط محدّدة، يقع الغليان الذي سبقت الاشارة إليه.

والتكثيف هو الانتقال من الحالة الهوائيّة إلى الحالة السائلة، ولا يتأتّى هذا الانتقال إلا بالنسبة للأجسام الهوائية المشتقة من سائل، كما هي حالة بخار الماء، وإذا كان الأمر يتعلّق بانتقال غاز إلى الحالة السائلة فإن الظاهرة تعرف **بالتسييل** وهي عملية كثيرة التعقيد وتستلزم استعمال ادوات وتقنيّات جد متخصّصة.

أما **التّسامي** فهو الانتقال من الحالة الصلبة إلى الحالة الهوائيّة، وخلال هذا الانتقال تكون الحرارة قارّة وتعرف بحرارة التسامي، فهناك موَادّ بامكانها أن تتسامى عند ضغط عادي، كما هو الشأن بالنسبة للكافور والنّفتالين واليود.

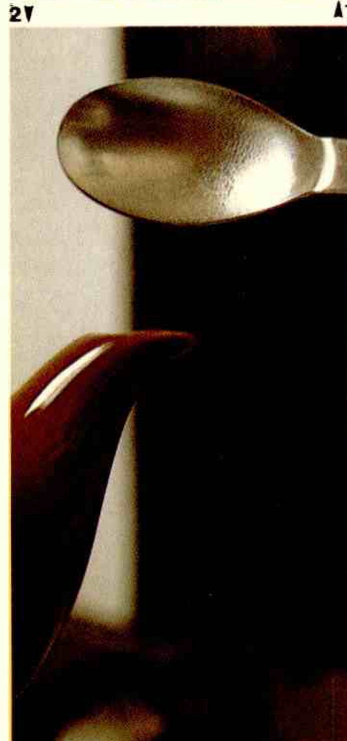
صورة 1 : عندما يبلغ الماء درجة حرارة معينة (100 درجة مئوية) يغلي ثم يتحول الى بخار الماء . ويعرف هذا الانتقال من الحالة السائلة الى الحالة الغازية **بالتبخّر** .

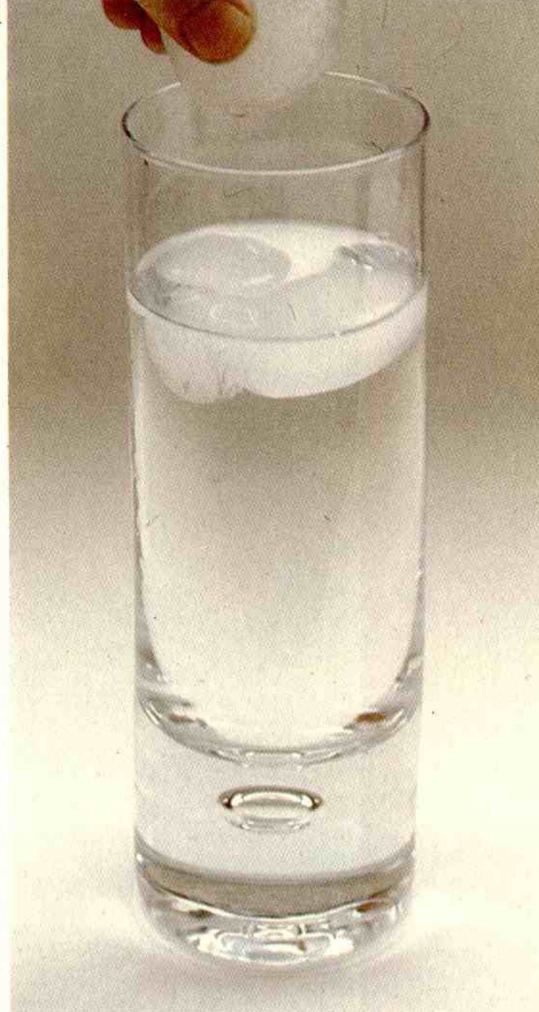
صورة 2 : عندما يخرج بخار الماء من الابريق يلتقي بجسم أبرد منه كالملعقة مثلا ، يتحوّل من جديد إلى ماء كما يظهر من خلال القطيرات التي تتشكل في القعر . ويُعرف هذا التحوّل **بالتسييل** أو **التكثيف** .

صورة 3 : إن الثلج الموضوع في كأس ماء يقوم بتبريد هذا الماء في نفس الوقت الذي تبرد فيه الكأس . ويسبب الاتصال بالهواء المحيط الاكثر حرارة من الكأس والماء في تكوين قطرات نجار الماء المسيّل .

صورة 4 : عندما يذوب الثلج في الكأس تتحوّل قطيرات البخار خارج الكأس الى ماء يسيل نحو الأسفل .


1 ◄ 2 ▼




3 ◄


4 ◄

المحلـولات

المحلولات هي المزج العميق بين مادتين أو عدّة موادّ، وتسمى المادّة المتواجدة بكمية أكبر **المذيب** والمادة الموجودة بكميّة أقلّ **بالمُذاب**، ويمكن الحصول على هذه المحلولات بتوحيد المركّبات على شكل حالة انضمام من نوع ما، وهكذا نحصل على محلولات سوائل في سوائل ومحلولات موادّ صلبة في سوائل إلى غير ذلك من المحلولات الممكنة.

وعندما يتمّ اختيار مادّة معيّنة كمذيب، يمكن أن تحدث ثلاث ظواهر متباينة وهي كالتالي : أ) لا يمكن الحصول على محلول انطلاقا من بعض العناصر؛ ب) بعض الموادّ لا تشكل محلولاً الاّ إذا أخذت منها كميّات لا تتجاوز قدراً محدّداً؛ ج) ينتج المحلول كيفما كانت كميّات كلّ من المذيب والمذاب.

وتعرّف ظاهرة **التركيز** بكونها العلاقة بين مقدار المذاب وكتلة المحلول، ويقال بأن المحلول **مُشبّع** حين يصل حدّاً لا يقبل معه كميات أخرى من المذاب، **والذّوبانيّة** هي التركيز الذي يكون عنده المحلول مشبّعا، وهي مرهونة بالحرارة، وتتضاعف بصفة عامة حين ترتفع الحرارة فيما يخصّ محلولات الموادّ الصلبة في السوائل.

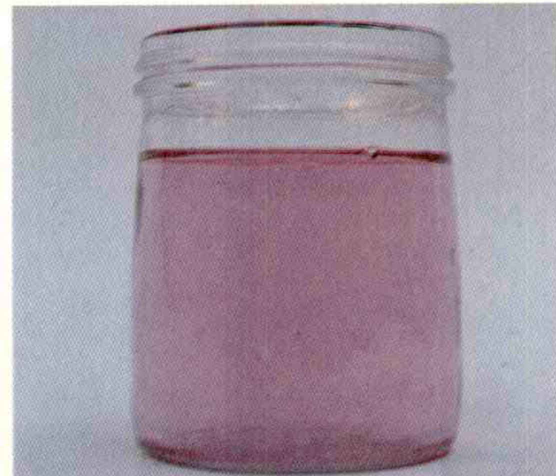
وهناك ظاهرة أخرى ترتبط بالمحلولات وهي **التّناضح** أو **الارتشاح الغشائي**، ويترتّب عن وجود أغشية خاصّة تتيح رشح المذيب دون المذاب، ويتعلق الأمر بأغشية شبه عقّيدة توجد على حالتها الطبيعية كما أن بالامكان تحضيرها بكيفية اصطناعية، ومن الأمثلة النموذجية للأغشية التناضحيّة الطبيعيّة، غشاء الخليّة الذي يتيح نفاذ الموادّ النافعة فقط.

ويثير ميل المذيب إلى الانتشار في المحلول، ضغطا يسمى **بالضغط التّناضُحيّ** ي يخضع لنفس القوانين التي تتعلق بالغازات.

عندما تمتزج مادتان أو عدة مواد فيما بينها ينتج عن ذلك محلول . والمحلولات قد تنشأ مابين الأجسام الصلبة والأجسام السائلة ، وبين سوائل وأخرى وغير ذلك من التركيبات الممكنة وفي جميع الحالات ، تسمى المادة الموجودة بكمية قليلة «المحلّل» أو «المذيب» في حين تعرف المادة الموجودة بكمية أقلّ بالمُذاب أو «المحلول» .

في الصورتين : يتمثل المحلّل في الماء ، أما المحلول فهو السائل الأحمر (نوع من المداد) ، الا أن المحلول يتخذ لون السائل المذاب لأن الماء كما هو معلوم لالون له ويتبنى أي لون يضاف اليه .





الظـاهرة

كثيراً ما نستعمل مفردة «ظاهرة» في ميدان العلوم وخاصة منها علم الفيزياء والكيمياء، وفيما يلي تعريف مدقّق لهذا المفهوم الشائع.

فالظاهرة تعني كلّ ما يثير حواسّنا، أي كل ما يمكن ملاحظته وإدراكه، فالأوراق المتساقطة في فصل الخريف ظاهرة والسّكّر الذي يذوب في الماء ظاهرة والصوت الذي يصدر عن جرس ظاهرة، وقطعة ورق تحترق ظاهرة، والخمر الذي يتحول إلى خلّ ظاهرة كذلك، وهناك اختلافات جوهريّة بين الظواهر لأن بعضها يخصّ البنية الداخليّة للمادّة بينما البعض الآخر لا يثير تحوّلاً وتغيراً في المادة نفسها، وهكذا يتم التمييز بين نوعين من الظواهر، وهما الظواهر الفيزيائيّة من جهة والظواهر الكيماوية من جهة ثانية.

فالظاهرة الفيزيائيّة هي التي تحدث تغييراً ظرفيّا في المادّة ولا تمسّ بجوهرها. فتشكّل السحاب وحركة البندول والصوت الصادر عن وتر قيثارة، كلها ظواهر فيزيائيّة.

أما **الظاهرة الكيماويّة** فهي التي تحدث في المادّة تغيّراً دائما وغير منعكس. فالفحم الذي يتحوّل عبر قرون متعددة إلى ماس، والحليب الذي يصبح جبناً والموادّ الغذائية التي تتحوّل إلى طاقة، كلها من الظواهر الكيماويّة.

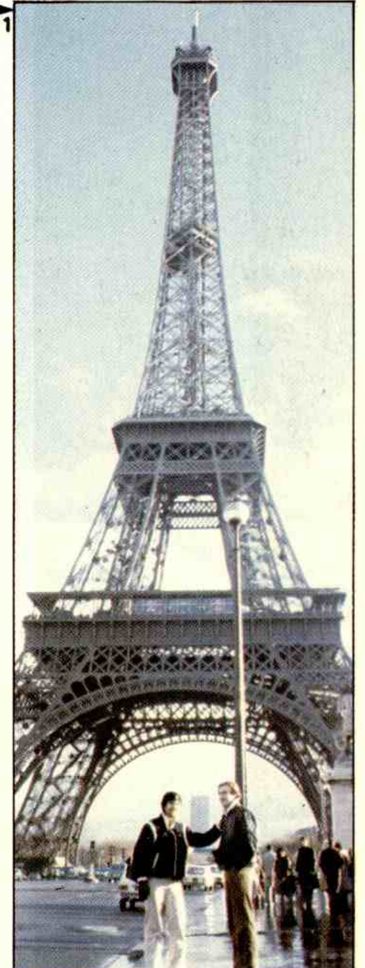
وسوف نركزّ في هذا الجزء بالأساس على دراسة اهم الظواهر الفيزيائية والقوانين المتحكمة فيها وما يترتب عنها من نتائج.

المقاديـــر والقياســـات

كيف يمكن ضبط معايير الوزن ؟

بفضل حواسّنا نحن دائما على اتصال بالظواهر التي نقيمها بكيفية ذاتيّة من خلال تجاربنا الفرديّة ومنطق تفكير كل واحد منّا، فالاحساسات غير متساوية وغير متماثلة لدى بني الانسان. فالماء داخل كوب قد يكون فاتراً بالنسبة لشخص ما وحارّاً بالنسبة لغيره، والطرد الثقيل بالنسبة للطفل يكون خفيف الوزن بالنسبة للرجل، والطريق الوعر بالنسبة لعجوز يكون سهلا وهيّنا بالنسبة لشاب. وهدف العلوم هو وصف الظواهر بطريقة موضوعيّة خالية من الاعتبارات النسبية والذاتية. ولذلك يكون عليها قياسها باستعمال أدوات قياس ملائمة. ولا تقف العلوم عند القياس الموضوعي للظواهر، بل تمكّن أيضاً من اجلاء الظواهر الخفيّة وتقييم الظواهر التي لاتدركها حواسّنا، كما هو الشأن بالنسبة للأشعة السينيّة، التي يمكن بواسطتها رؤية أشياء لا يمكن ابصارها بالعين

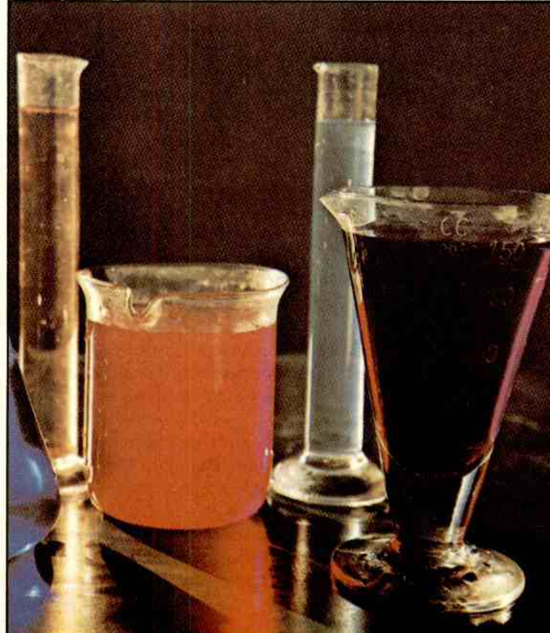
إن كل عملية قياس ترتكز على وحدات قياس محددة . وهكذا يمكن معرفة علو برج إيفل (صورة 1) باستعمال المتر ومضاعفاته . أما وزن الجسم فيقاس بالكيلوغرام ومضاعفاته (صورة 2) في حين يستعمل الليتر لقياس سعة قنينة (صورة 3) . ونقيس مساحة البيت وحجمه (صورة 4) بواسطة المتر المربع والمتر المكعّب . أما قوة محرّك (صورة 5) فتقاس بالحصان البخاري وسرعة السيارة (صورة 6) بالعلاقة مابين طول الطريق والزمن المستغرق لعبوره .



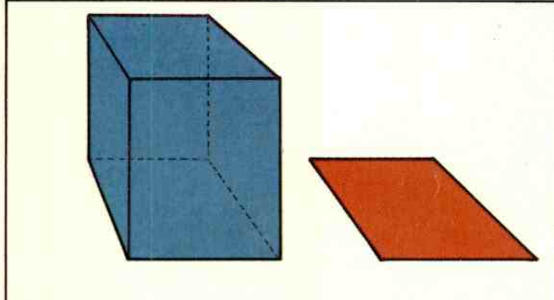
1



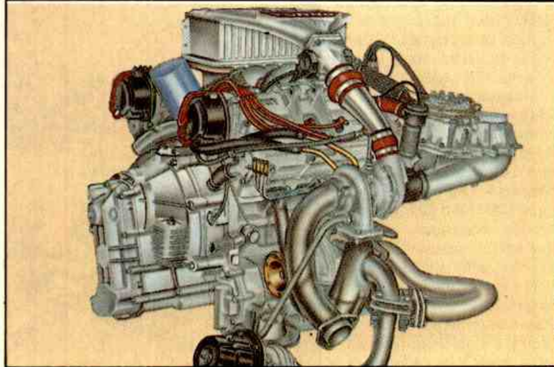
2



3



4



5

6

ماهي اهمّ وحدات القياس ؟

إن جميع الكميّات الفيزيائية قابلة للقياس في اطار انظمة قياس خاصة بكل صنف إعتمادا على أدوات مثل الأوزان المعيارية والمساطر المعدنية المستعملة لدى الرّسامين والمتر الخشبي عند البنائين والنجارين ، ومقياس القوى (ديناممتر) والكليبسدر والساعة الخاصة بالتوقيت ومقياس المقاومة (فولتمتر) والمضغط الخاص بقياس ضغط السوائل والعجلات والمضغاط المستعمل لقياس الضغط الجوي والميكرومتر الخاص بقياس المسافات الدقيقة والمحرّ أو ميزان الحرارة والأوعية المرقّمة لقياس السوائل ، وغير ذلك من اجهزة القياس الكثيرة .

المجرّدة، ونفس الشيء بالنسبة للموجات الصوتية التي يمكن عن طريقها سبر الأعماق البحريّة وموضعة الحواجز.

والمقدار الفيزيائي هو كل ما يمكن قياسه، أما قياس مقدار فيزيائي فهو قيمة هذا المقدار الفيزيائي نفسه بالنسبة لمقدار فيزيائي من نفس النوع يؤخذ بمثابة وحدة للقياس.

وهناك عدة فصائل في مجال المقادير، وتتمثل في الطول والمساحة والكتلة وغيرها، ويقال بان المقادير متجانسة حين تنتمي إلى نفس الفصيلة وغير متجانسة حين تنتمي إلى فصائل مختلفة. ومن الواضح أنه بالامكان زيادة أو خصم أو مقارنة المقادير فيما بينها حين تكون متجانسة فقط، إذ لا يمكن القيام بتلك العمليّات بالنسبة لمقادير غير متجانسة.

كيف نقيس الطول ؟

كيف نضع مقاييس البنايات ؟

القياسات

وحدات القيــاس

فيما مضى كانت القياسات تستعمل بالخصوص في العمليّات التجارية وضبط المساحات الأرضيّة، إلى جانب قياسات خاصّة بالزمان، ولكن تلك القياسات كلها كانت تخلو من التجانس، إذ كانت كل منطقة وكل مدينة تتوفّر على أنظمة قياس خاصة بها تعتمد أحياناً على اعضاء الجسم الانساني كالقدم والذراع والشبر، كما تقوم أحيانا على أوعية خاصة بنقل أو حفظ بعض المنتوجات ومنها البرميل واللفيفة وغيرها. وكان قياس المساحات الأرضية يختلف من بلد إلى آخر : ففي بعض البلدان استعمل النهار كوحدة إلى غاية القرن الثامن عشر. وفي ذلك العهد أصبح انعدام التجانس والتشاكل والدقة غير محتمل ممّا أدّى شيئا فشيئاً إلى وضع وحدات قياس متساوية بالنسبة للجميع ثم تحديد أنظمة قياس عالميّة.

وفيما يلي نستعرض أهمّ وحدات القياس ومركّباتها ومضاعفاتها واعدادها المحتواة، إلى جانب أهمّ أنظمة القياس الشائعة :

الطــول : إن وحدة قياس الطول هي **المتر** الذي يساوي الجزء الاربعين من جزء مليون من الخط الهاجريّ الارضيّ الذي يمر عبر مدينة باريس. والمتر المعياري عبارة عن قضيب من البلاتين والاريديوم محفوظ في مكاتب الأوزان والقياسات بسيفر قرب مدينة باريس وللمتر مضاعفات واعداد محتواة تمّ اختيارها على أساس عدد عشرة، وفيما يلي جدول قياسات الطول التي تخضع للنظام المتري العشري :

د. 7 عالم = 4471

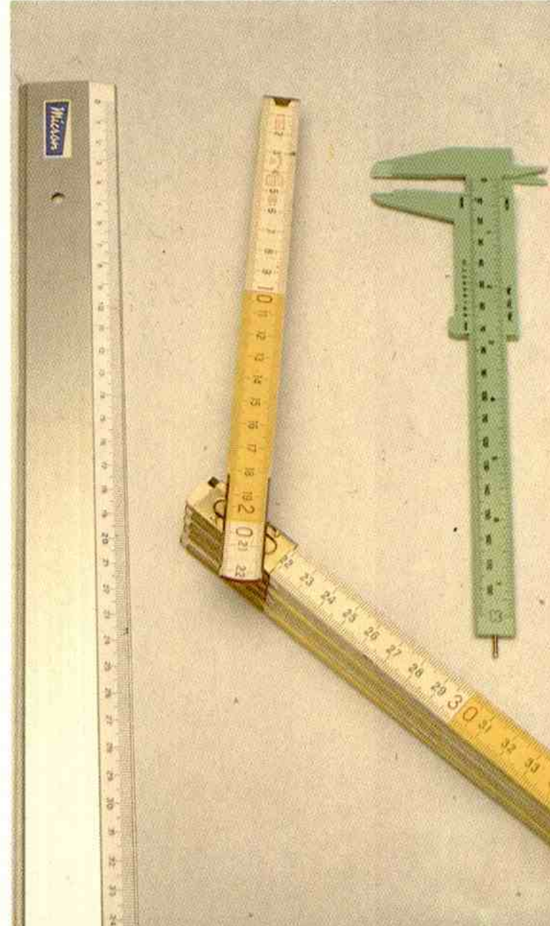
الكيلو متر	كم	1000 متر
الهكتو متر	هم	100 متر
الديكامتر	دكم	10 أمتار
المتر	م	1 متر
الدسيمتر	دسم	1/10 متر
السنتيمتر	سم	1/100 متر
المليمتر	مم	1/1000 متر

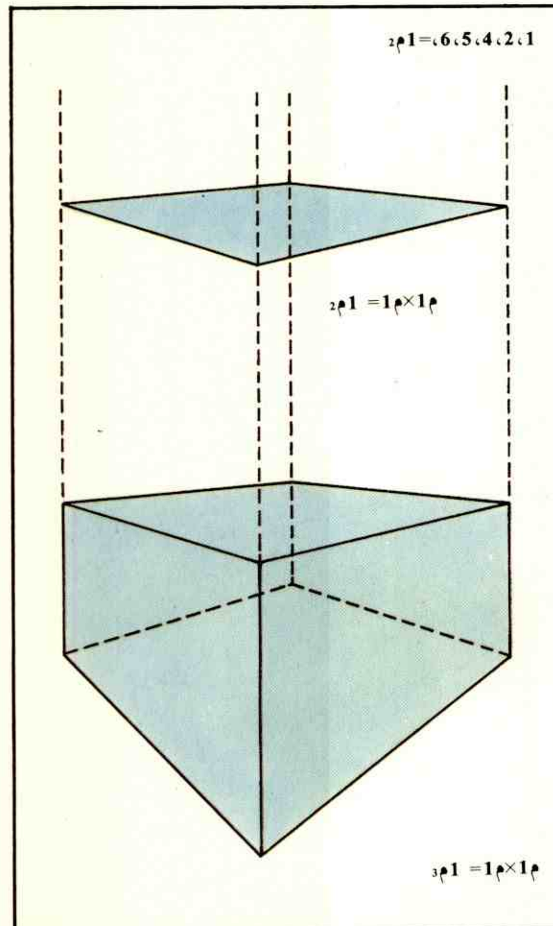
المساحة : وتعتمد على **المتر المربع** كوحدة قياس،

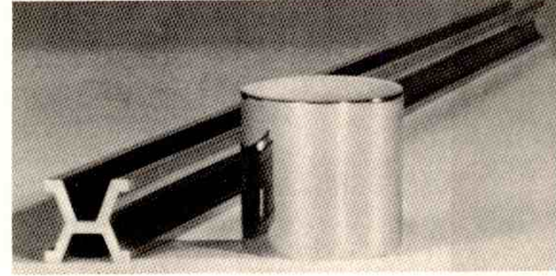
جانبه : جزء من مسطرة يبين بالتفصيل السنتيمترات والميلمترات .

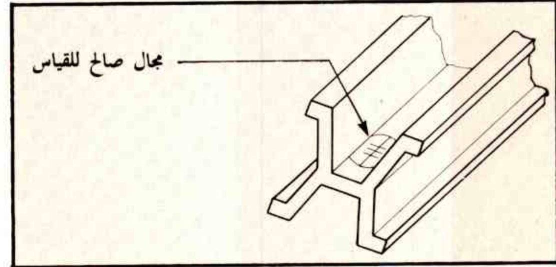
صورة 1 : بعض أدوات القياس الشائعة والأكثر استعمالا

صورة 2 : تجسيد لمفهوم المتر المربع أي مربع طول ضلعه متر واحد ، ثم لمتر مكعب أي صلب طوله متر وعرضه متر وعلوه متر .









أعلى: المتر المعياري المحفوظ في مدينة سيفر بفرنسا وهو عبارة عن قضيب من البلاتين الايريديوم على شكل صليب (×) وفي الصورة يظهر الكيلوغرام النموذجي كذلك .

أسفله : مقطع للمتر المعياري : وتبرز بوضوح الخطوط العرضانية الثلاثة التي تمكّن من وضع الاخطاء المسموحة في القياس .

أي على مربّع يبلغ طول ضلعه متراً واحداً. وتجدر الاشارة إلى أن كل مضاعف يحتوي على مائة وحدة من العدد المحتوى المباشر، وهو من نفس الوقت محتوى مائة مرة في مضاعف الموالي مباشرة.

الكيلو متر المربّع	كم2	1.000.000 م2
الهكتو متر المربع	هم2	10.000 م2
الديكا متر المربع	دكم2	100 م2
المتر المربع	م 2	
الدسيمتر المربّع	دسم2	1/100 م2
السنتيمتر المربّع	سم2	1/10.000 م2
المّليمتر المربّع	مم2	1/1.000.000 م2

الحجم : وحدة قياسية هي المتر المكَعّب أي مكعّب يبلغ طول ضلعه متراً. وتشمل كلّ وحدة ما يعادل ألف مرّة الوحدة التي دونها، وهي محتواة بدورها ألف مرّة من الوحدة التي تفوقها. وجدول قياس السعة كالتالي :

المتر المكعّب	م3	
الدسيمتر المكعب	دسم3	1/1000 م3
السنتيمتر المكعب	سم3	1/1.000.000 م3
المليمتر المكعّب	مم3	1/1.000.000.000 م3

ولقياس السوائل يسعتمل **الليتر** وهو يساوي ديسمتراً مكعّبا واحداً. وفيما يلي جدول القياسات المستعملة لقياس السوائل والمعروفة **بقياسات السّعة**.

الهَكتو ليتر	هل	100 لتر
الدّكاليتر	دكل	10ل
اللّيتر	ل	
الدّسيليتر	دسل	1/10 ل
السّنتيليتر	سل	1/100 ل
الملّيلتر	ملل	1/1000 ل



من المعلوم أن كل عملية قياس تعتمد على دراسات وضعت على المستوى العالمي مختلف وحدات القياس . وفيما يخص السعة تم وضع سلم للقيم يتراوح مابين المليلتر والهيكتولتر مرورا باللتر التي يساوي دسيمترا مكعبا واحدا . ولكل وعاء سعته ويعبر عنها باللترات أو مضاعفات اللتر أو الاعداد المحتواة في اللتر .

في الصورة : بعض الأوعية الشائعة .

كيف تقاس الأوزان ؟

الكتلة : ووحدتها هي **الغرام**، وهو جزء من ألف من الكيلوغرام المعياري المتمثّل في كتلة من البلاتين مودعة في سيفر بمكاتب الأوزان والقياسات. وفي هذه الحالة أيضاً تكون المضاعفات والأعداد المحتواة تابعة للتنظيم العشري وهي كالتالي :

الطنّ	ط	1.000.000غرام
القنطار	ق	1.00.000 غ
عشرة آلاف غرام		10.000 غ
الهكتو غرام	هغ	100 غ
الديكا غرام	دغ	10 غ
الغرام	غ	
الدسيغرام	دسغ	1/10 غ
السنتيغرام	سغ	1/100 غ
المليغرام	ملغ	

لقياس وزن أي جسم ، تستعمل الموازين الموجودة على عدة أصناف وأشكال .

صورة 1 : ميزان أوتوماتيكي : يوضع الشيء على الكفّة فيظهر وزنه على الميناء بواسطة دليل متحرك .

صورة 2 : ميزان روماني : يتم نقل الوزن على طول الذراع الثابت إلى أن يتوازن ثقل الشيء الموضوع على الكفة ومحدّد الوزن بواسطة سلم مرقم على طول الذراع .

صورة 3 : ميزان بكفتين : يوضع الجسم المراد وزنه على إحدى الكفتين وتضاف أوزان معدنية على الكفة الأخرى إلى أن يتوازن ثقلها وثقل الشيء . ويكون مجموع الأوزان المعدنية هو وزن الجسم المعني .

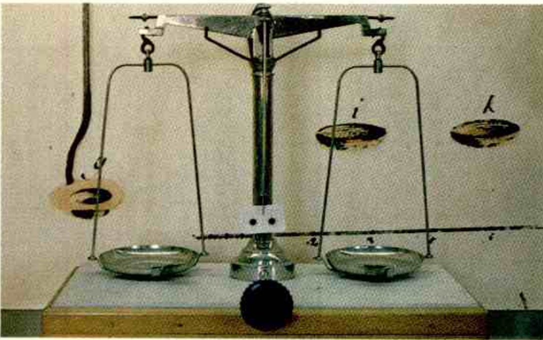
صورة 4 : أهمّ الاوزان المستعملة في مختلف الموازين .



1



2



3



4

كيف يقاس الزمن ؟

الزمن : ما زالت الظواهر الفلكيّة إلى الآن هي أساس قياس الزّمن. ونتحدّث عن **السنة الشمسية** باعتبارها الزمن الذي تستغرقه الأرض في دورتها قبل أن تعود إلى نفس النقطة من مدارها، كما أن **النهار الشمسيّ** هو الزّمن المستغرق ما بين مرور الشمس مرتين فوق نفس الخطّ الهاجريّ. ومع ذلك فمدّة النّهار الشمسيّ غير قارّة، ولذلك تمّ اللجوء إلى معدّل يوفّق بين مختلف المدد، للحصول على قيمة **اليوم الشمسيّ الوسط**.

والجزء الرابع والعشرون من اليوم الشمسيّ هو الساعة، وهي مقسّمة بدورها إلى **دقائق ثم إلى ثواني**. والثانية حسب الاتفاق العالمي هي وحدة قياس الفوارق الزمنية. وفيما يلي جدول للقياسات الزمنية :

الساعة	س	60 دقيقة
الدقيقة	د	60 ثانية
الثانية	ث	

وهناك وحدات قياس أخرى تتعلق بمقاييس متنوعة، ومنها على الخصوص :

الأمبير : وهو الوحدة المستعملة لقياس كثافة التيار الكهربائي.

درجة كلفان (أو الكلفان) وهي وحدة الأساس لقياس الحرارة.

الشمعة : وهي وحدة قياس الكثافة الضوئيّة.

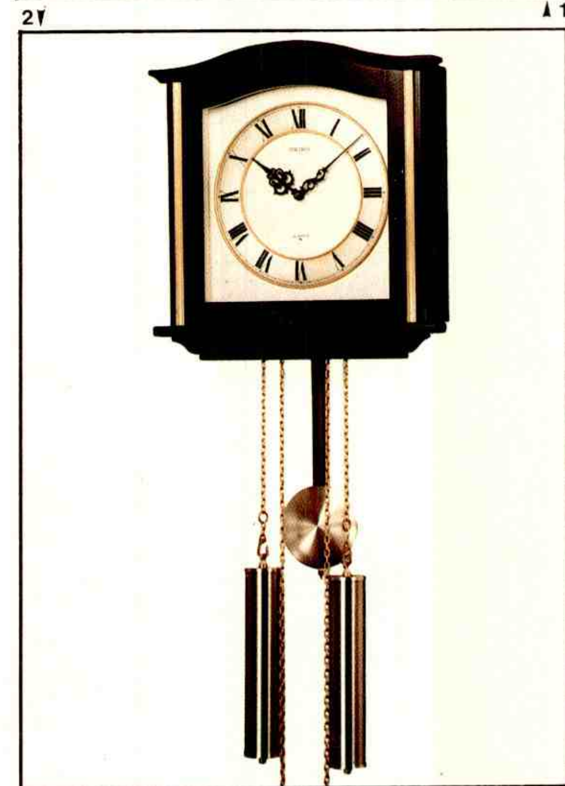
يقاس الزمن بواسطة أجهزة مختلفة ومنها الساعة اليدوية والحائطية والكرونومتر (الميقت أو مقياس الوقت) . وينقسم النهار إلى 24 ساعة والساعة إلى 60 دقيقة والدقيقة إلى 60 ثانية والثانية إلى أعشارها وأجزاء المائة منها . وتعد الثانية حسب اتفاق عالمي وحدة قياس الفواصل الزمنية .

صورة 1 : ساعة يدوية مجهزة بكرونومتر يتمكّن من قياس أعشار الثانية .

صورة 2 : ساعة دقّاقة .



1 ▲ 2▼



أنظمة القياس

إن أهمّ أنظمة القياس الجاري بها العمل هي كالتالي :

نظام **س. غ. ث**. يقوم على وحدة قياس السنتيمتر والغرام والثانية، ولهذا النظام متغيرة هي **م. ك. ث**.، أي الميتر والكيلو والثانية.

ونظرا لبساطة هذان النظامان، فقد اعتمدتهما أغلب الأمم باستثناء البلدان الناطقة بالأنجليزية التي بقيت محافظة على قياساتها التقليدية.

وهناك أيضا نظامان آخران هما نظام جيورجي والنظام الدولي.

فنظام جيورجي يختلف عن نظام **س.غ.ث**. من حيث كونه لا يرجع إلى وحدات معياريّة طبيعية كما كان شائعاً إلى غاية السنوات الأولى من القرن الحالي، ولكنه يرجع إلى وحدات معياريّة ملموسة مودعة في مكاتب الأوزان والقياسات.

أما **النظام الدولي** فيعتمد على الميتر كوحدة أساسية، ولكن الميتر المعياري بالنسبة إليه ليس هو ميتر سيفر، ولكنه الميتر الذي يناسب طول موجة غاز الكرِبْتون في الفراغ. والمتران معا متساويان إلاّ أن الثاني اكثر ضمانا للدقّة وقابلية النسخ.

ويعرّف هذا النظام الأولى بمجموعة الأحرف الأولى لوحدات القياس السالفة الذكر وهي الكيلو والثانية والأمبير والكلفان والشمعة، وهي مرتبة كالتالي: **ك.ش.أ.ك.ش**.، وهي تدل على النظام الرسمي الذي تبناه المؤتمر الدولي للأوزان والقياسات سنة 1960.

الحركة

ماهي نقطة الاستدلال بالنسبة للجسم المتحرك ؟

كيف يوضع الجسم في الفضاء ؟

لنتصور أننا جالسون في قطار واقف بالمحطة، في نفس الوقت الذي يغادر فيه قطار آخر نفس المحطة على الخط الموازي، فيصعب علينا في الغالب إدراك أي القطارين يسير وأيهما يقف. والحقيقة ان كلا القطارين في حركة احدهما بالنسبة للآخر، إلاّ أن أحدهما فقط في حركة بالنسبة للمحطة. ومن خلال هذه التجربة البسيطة، ندرك بسهولة أن مفهوم الحركة أو السكون ليس مطلقاً ولكنه نسبيّ، حيث أنه لا يمكن الحديث عن حركة أو سكون جسم إلاّ بالنسبة لجسم آخر، وليس بالمعنى المطلق للحركة أو السكون.

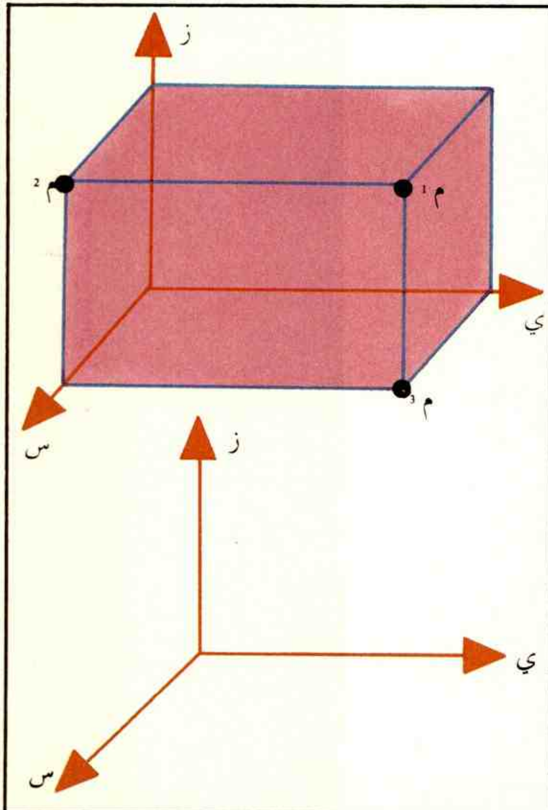
حالة الحركة و السكون

يقال بأن الجسم في **سكون** حين يكون وضعه في الفضاء، بالنسبة لجسم استدلال غير متغيّر مع مرور الزّمن، وبالمقابل فالجسم يكون في **حركة**، عندما يتغيّر وضعه بالنسبة لنقطة استدلال في أزمنة متعاقبة. فالقمر مثلاً في حركة بالنسبة للأرض، والارض بدورها في حركة بالنسبة للشمس، والشمس كذلك في حركة بالنسبة لنجوم أخرى.

وهكذا، فمن الواضح أن دراسة الحركة تستلزم

عند الحديث عن الحركة ، يجب اعتبار أن أي حركة تتم دائما بالنسبة لنقطة استدلال معيّنة . فلنلاحظ القطارين في **الصورة أسفله** لنرى أنه من السهل التعرف على أيّهما يتحرك بالنسبة للآخر . فالقطار الموجود في الخلفية ساكن بالمقارنة مع القطار الثاني المتحرك . غير أنه حين نكون بداخل القطار الواقف سوف يصعب علينا القيام بمثل هذا التمييز من أول وهلة . ويعتمد وضع نقط الاستدلال على نظام الاستدلال الديكارتي الذي يظهر من خلال **الرسم أسفله** : وتبين الرموز (س ، ي ، ز) المحاور الثلاثة التي تقام عليها المسطّحات م و ، م و م المتعامدة فيما بينها .





اختيار نظام مرجعيّ قارّ، وبصفة عامة يقع الاختيار على نظام ذي ثلاث مستويات متعامدة فيما بينها مثنى مثنى، أو بعبارة أوضح، يتمّ اعتبار الخطوط المستقيمة الثلاثة عند تقاطع المستويات، والمعروفة بالاحداثيات الديكارتيّة.

والجدير بالذكر أن المستويات أو الخطوط المستقيمة تكون متعامدة فيما بينها حين تكوّن بالتقائها زوايا مستقيمة من تسعين درجة.

شكل 1 : من خلال المستويات الثلاثة م1 وم2 وم3، يمكن تحديد وضع نقطة ن، التي تحدّد القطع ن م1 ون م2 ون م3؛ التي تبيّن المسافة بين النقطة المعنية في المستويات الثلاثة المشكلة لنظام الاستدلال.

شكل 2 : الاحداثيات الديكارتيّة

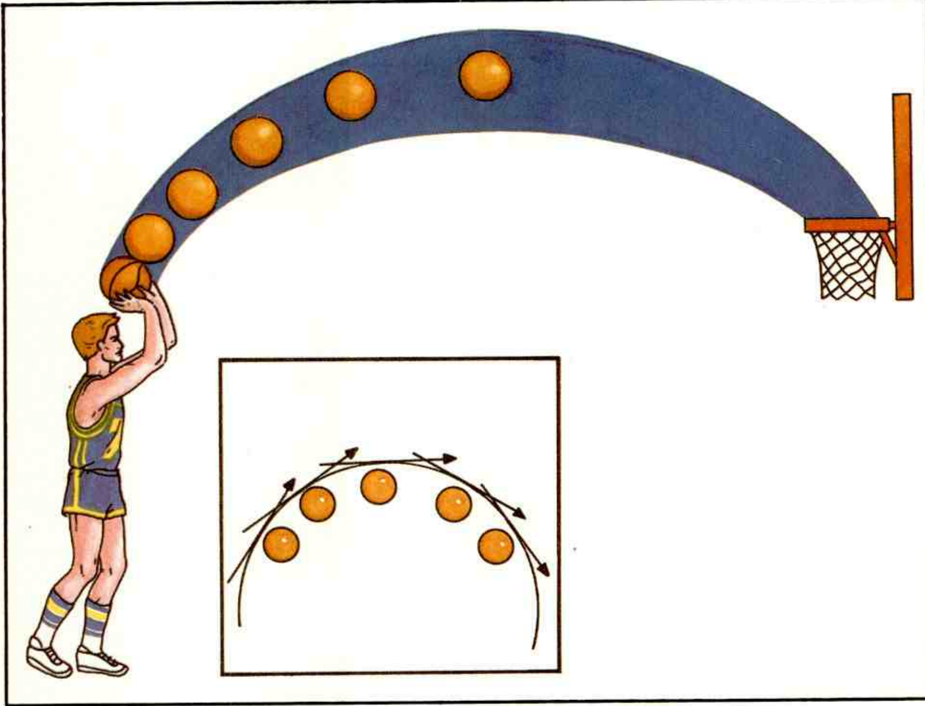
ويتم ربط الاحداثيات الديكارتيّة بساعة يد قارّة يمكن الانطلاق منها لتحديد اللحظة التي يوجد فيها الجسم عند نقطة معيّنة في الفضاء.

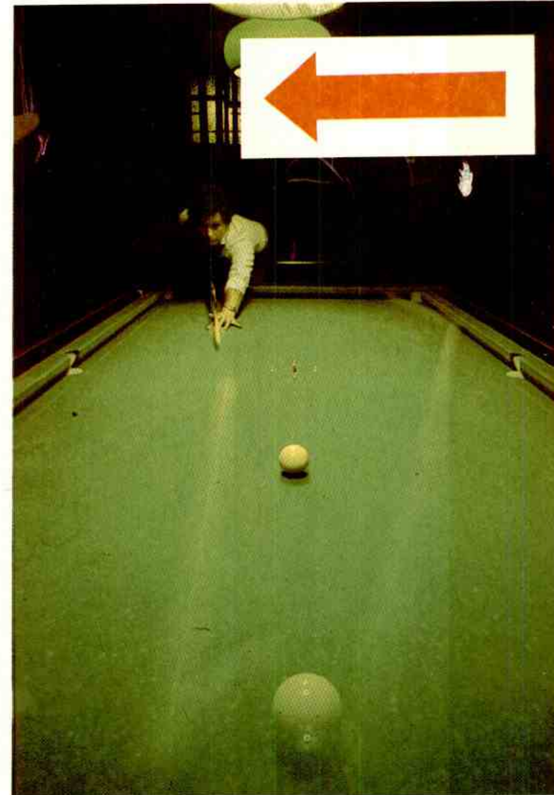
وبصفة عامة، فعند دراسة حركة جسم ما، يعتقد أن له مقاييس صغيرة جدّاً، وبالتالي فهو منتظم بالنسبة للفضاء الذي يتحرّك فيه، من ذلك مثلاً أن مركباً مسافراً

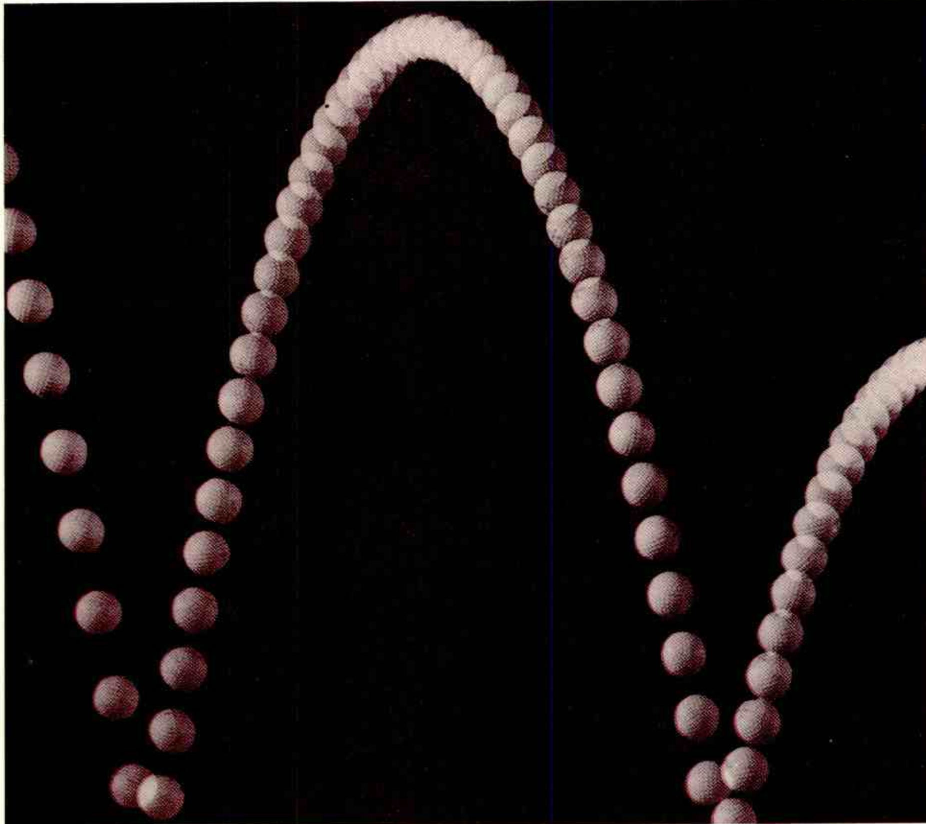
يتبع الخط المتحرك خطّا مستقيما أو منحنيا يعرف ب «**المسار**» . في **الرسم 1** لاعب بليار : إنه ينقل الى الكرة حركة مستقيمة مسارها مستقيم كذلك . يبين هذا المسار في الرسم بالسهم الاحمر في الأعلى حيث يتوافق مع الاتجاه .

الرسم 2 : لاعب كرة السلة : إنه على عكس لاعب البليار ينقل للكرة مسارا منحنيا ممثّلا باتجاه جميع النقط التي يلتقي فيها الاتجاه بالخط المُماسّ للمسار عند هذه النقط (انظر المربّع) .

الصورة السفلى : عندما تقفز كريّة غولف ، ترسم مسارا منحنيا . وتبين الصورة بالخصوص المواقع المتعاقبة التي تحتلها الكرية لحظة تلو الأخرى .







كيف تقاس سرعة الاجسام المتحركة ؟

في عرض المحيط أو طائرة في الأجواء يعملان بمثابة نقطتين. وبهذه الوسيلة يتمّ تبسيط دراسة هذه الظاهرة الفيزيائيّة الأساسية إلى أبعد الحدود.

المســـار

إذا اعتبرنا جسماً متحرّكاً وقمنا بجمع كل الأماكن التي يحتلّها بالتعاقب، فإننا نحصل على مساره. **والمَسَار** هو مجموع الأوضاع المتعاقبة التي يتخذها جسم متحرّك.

ويمكن للمسار أن يكون خطاً مستقيماً، يتناسب واتجاه الحركة (شكل 1)، أو خطاً منحنياً وفي هذه الحالة يكون اتجاه الحركة في نقطة معيّنة موافقاً للخطّ المُمَاسّ للمسار في تلك النقطة (شكل 2) والجدير بالذكر أن الخطّ المُمَاس لمنحنى هو الخطّ المستقيم الذي يلامس المنحنى عند نقطة واحدة.

السّــرعــة

هناك علاقة مهمّة بين الفضاء الذي يجتازه جسم متحرّك وبين الزمن المستغرق لاجتيازه، وهذه العلاقة تتجلى في الحاصل التالي:

س=ف/ ز

أي ما معناه أن

السرعة هي خارج القسمة بين الفضاء المخترق والزمن المستغرَق لاجتيازه.

ويمكن من خلال القاعدة السابقة أن نستنتج الزمن والفضاء وذلك على النحو التالي :

ز=ف/س **ف=ز×س.**

وإذا اعتبرنا السرعة، فأنه بالامكان الحصول على حركات مختلفة ومن أهمها ما يلي :

الحركة الأولى وهي **الحركة المستقيمة المتّسقة**. ويتم الحصول عليها عندما تكون السرعة قارّة ويتعّلق الأمر بحركة نقطة تتنقل على خط مستقيم قاطعة مسافات تناسبيّة مع الفواصل الزمنية التي يتم خلالها اجتيازها.

وهذه الحركة ليست شائعة في الطبيعة، لأنه من الصعب أن يبقى خارجُ القسمة بين الفضاء والزمن قارّاً. ذلك أن الجسم يصادف طوال مسيرته حواجز وعوائق وصعوبات ترغمه على تغيير سرعته باستمرار.

الحركة الثانية وهي **الحركة المتغيّرة**. فالجسم ذو حركة متنوّعة عندما يجتاز مسافات متفاوتة في أزمنة متساوية، أو مسافات متساوية في أزمنة مختلفة. وذلك مثلاً شأن السيارة التي تبطىء أحيانا في سيرها وتسرع احيانا أخرى حيث بامكان سائقها مراقبة عدّاد سرعتها. فهذه السرعة **لحظيّة**، وإذا قمنا في نهاية الرحلة بتقسيم مجموع المسافة المقطوعة على الزمن المستغرق لا جتيازها، فسنحصل على **معدّل السرعة**.

التّسريــع

من خلال ما سبق يتضح أن السرعة قابلة للتغيير حيث بالامكان مضاعفتها أو تقليصها، وهكذا فكّلما تمت الزيادة في السرعة فالأمر يتعلق **بالتسريع الايجابي**، وكلّما تمّ خفض السرعة فنحن أمام **تسريع سلبي**. وسنحاول فيما يلي توضيح هذه الظاهرة بكيفية علمية :

لنعتبر جسماً متحركاً وفاصلاً زمنيا يقع بين لحظتين ز1 وز2، حيث أن ز1 يناسب سرعة س1 وز2 يناسب سرعة س2، فتغيير السرعة إذن هو **س2 − س1** وهو يحدث في الزمن **ز2 − ز1**. **وهكذا يمكن وضع القسمة التالية :**

س2 − س2/ز2 − ز1 = أ

، ويمثل فيها

(أ) تغيير السرعة في الوحدة الزمنيّة، أي **معدّل التسريع،** ومن هذه القسمة يمكن ايضاً استنتاج قيمة معدّل السرعة إذا عرفنا التسريع، وبالفعل، فاننا نحصل على القاعدة التالية :

س = أ/ز.

وإذا تضاعفت السرعة بقدر متساو في لحظات



حين نتحدث عن **التسريع** ، يجب التمييز بين المدلول الشائع للكلمة ومفهومها الفيزيائي . فالكل يتحدث عادة عن التسريع والتقاصر بالنسبة لسير السيارة . وفي الواقع ، يتعلق الأمر دائما بالتسريع الذي يكون ايجابيا عند مضاعفة السرعة وسلبيا عند انخفاضها .

في الصورة : سيارة سباق قديمة . ويبرز التسريع من خلال تشويه صورة العجلات .

زمنية متساوية، فإن التسريع يكون قارّاً وبالتالي نحصل على **حركة مسرّعة بانتظام** وبالمقابل، إذا انخفضت السرعة بقدر مستاو في لحظات زمنية مستاوية، فإن الأمر يتعلق آنذاك بحركة مبطّأة **بانتظام**.

الحركة الدائرية المتّسقة

هناك عدّة انواع من الحركات لا تتخذ مساراً مستقيماً ولكن مسارها يكون منحنيّاً.

ومن أهم الحركات المعروفة **الحركة الدّائريّة المتّسقة** ذات المسار الدّائريّ. ومن أمثلتها النموذجيّة صمّام عجلة الدّراجة بالنسبة لراكبها. ففي هذه الحالة، يمكن اعتبار راكب الدّراجة بمثابة نقطة مرجعية لانه ساكن بالنسبة للصمام المتحرّك، بينما إذا انطلقنا من وجهة نظر راجل يقف على الرصيف فسنحصل على حركتين، حركة الصمام الدّائر وحركة الدّراجة التي تبتعد. وتستنتج سرعة هذه الحركة انطلاقا من نسبة القسمة التالية :

$$س = 2\ \pi\ ش/ز.$$

حيث أن **ش** يرمز إلى شعاع دائرة مسار الجسم و π إلى العدد القارّ 3،14 الذي يمكّن من قياس الدّائرة في حين يرمز **ز** إلى الفترة وهي الزمن الذي يلزم لانجاز دوة كاملة.

الحركة التّوافقيّة

تكون الحركة **توافقية** ومنسجمة عندما يقوم جسم ما باجتياز مقطع حيث ينطلق من نقطة فيه إلى نقطة أخرى كما يفعل بندول الساعة الحائطية. وفي الحركة التوافقية، تكون **الفترة** هي الزمن اللازم **لنوسان** كامل يشغل الحيّز المقطوع للذهاب من طرف إلى آخر ثم الرجوع إلى نقطة البداية.

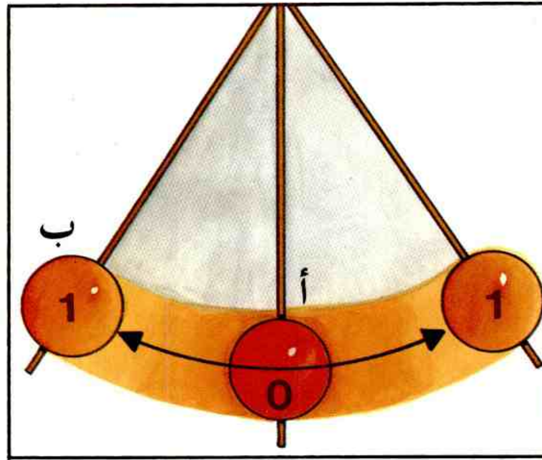
فالنوسان ينطلق من نقطة وإلى نقطة أ ثم بعد ذلك من نقطة أ إلى نقطة ب، وأخيراً من نقطة ب إلى نقطة و.

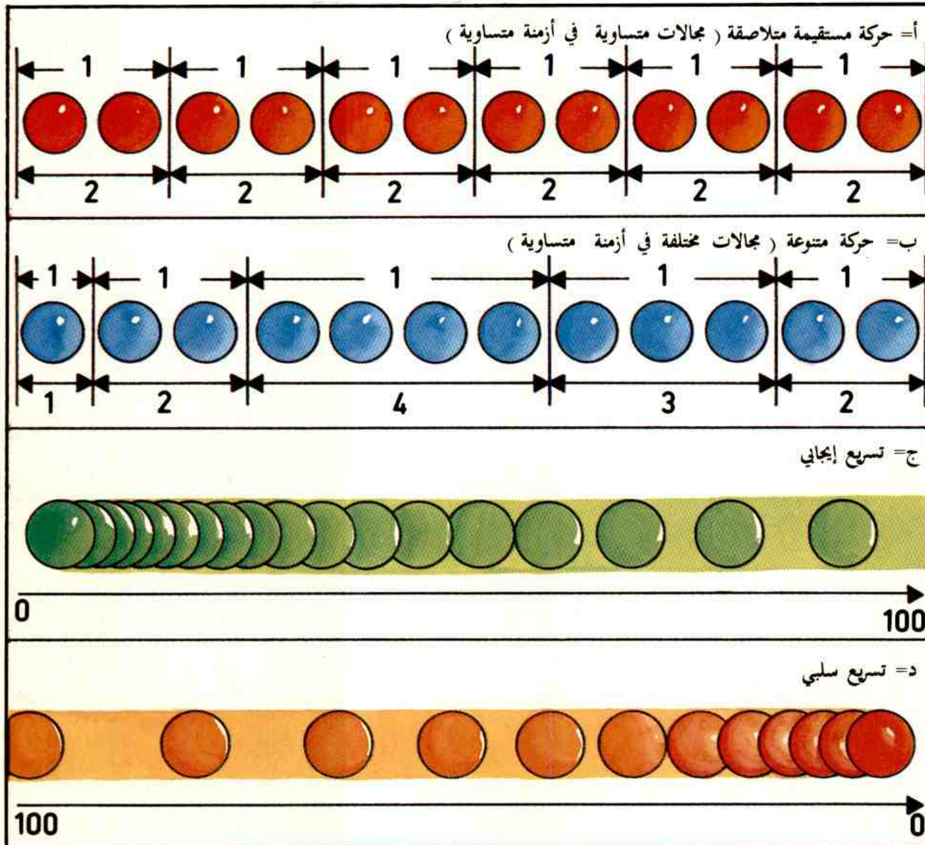
ويمكن تمثيل الحركة التوافقية بطريقة أخرى اعتماداً على محورين ديكارتيين نقيس على أحدهما الزمن وعلى الآخر الفضاء المقطوع.

ماهي أنواع الحركة ؟



ما نوع حركة البندول ؟





أعلى : تنجز دراجة نارية حركة دائرية بإمكانها أن تصبح متناسقة عندما تحافظ الدراجة على سرعة قارة .

الرسم 1 : الحركة في المنسجمة في حركة الجسم الذي يقطع خطا معينا من نقطة الى أخرى . ويحدد الترجّح الكامل لجسم ما مسيرته للانتقال من 0 إلى أ ومن أ إلى ب ثم للرجوع من ب إلى أ .

الرسم 2 : أهم أنواع الحركة

لماذا تسقط الأجسام ؟

قوة الجاذبيّة وسقوط الأجسام الثقيلة

إذا تركنا جسماً ثقيلا حرّاً في الفضاء فهو يسقط على الأرض. ونلاحظ أنه إذا تركنا أجساماً مختلفة تسقط، فهي لن تصل كلها إلى الأرض في نفس الوقت.

وقديماً كان يعتقد ان وزن الأجسام الجسيمة هو الذي يحدّد السرعة، إلاّ أن غاليلي أثبت أن هذه النظرية خاطئة وأن السرعة مرهونة بمدى مقاومة الجسم الساقط للهواء. وفي القرن السابع عشر تبنى نيوتن هذه الفكرة ليثبت صحّتها.

ويعدّ اسحق نيوتن من كبار العلماء على مختلف العصور، فقد ازداد في انجلترا سنة 1642، ودرس الرياضيات والفيزياء والكيمياء والفلك، حيث قام بأبحاث هامة في هذه الميادين كلها. ومما يشتهر به حكاية التفاحة التي سقطت بجانبه وهو جالس تحت شجرة التفاح. ومن هذا الحدث العادي، تولّد لديه حدس قانون الأجسام الثقيلة المعروف بقانون الجاذبيّة.

ولتثبيت صحة نظرية غاليلي، أخذ نيوتن أنبوباً زجاجيا وامتصّ كل الهواء الذي بداخله إلى أن أصبح فارغا. وبعد ذلك قام باسقاط عدة أجسام ثقيلة متفاوتة الوزن داخل الانبوب، فلاحظ أن سرعة سقوطها متساوية. فاستخلص من ذلك أن الوزن يثير سرعة السقوط ولكن مقاومة الجسم للهواء هي التي تحدّد تلك السرعة.

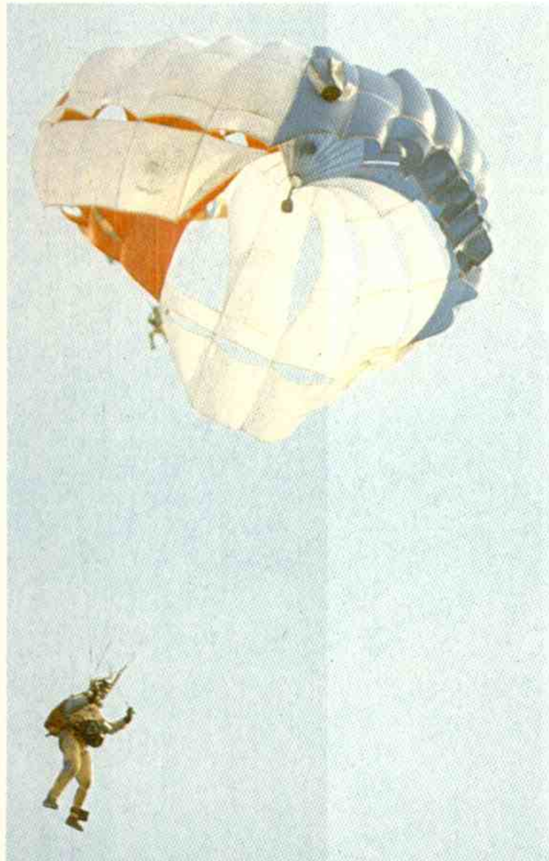
وفي هذا الصدد يمكن القيام بتجربة مبسّطة للتأكد من ذلك بأخذ ورقتين متماثلتين، إحداهما مكوّرة والأخرى كما هي. بعد ذلك تُسقط الورقتان معا في نفس الوقت، أي الكرة الورقية والصفحة العادية، وذلك من نفس الارتفاع، فمن الملاحظ أن الكرة سوف تصل إلى الأرض قبل الورقة العادية. فكيف ذلك ؟. إن الأمر لا يرجع إلى ثقل الكرة مقابل الورقة الخفيفة، لأنهما معا بنفس المقاييس والحجم والوزن، ولكن السّر في ذلك، هو أن الكرة ذات مقاومة ضعيفة إزاء الهواء والورقة العادية ذات مقاومة أكبر للهواء.

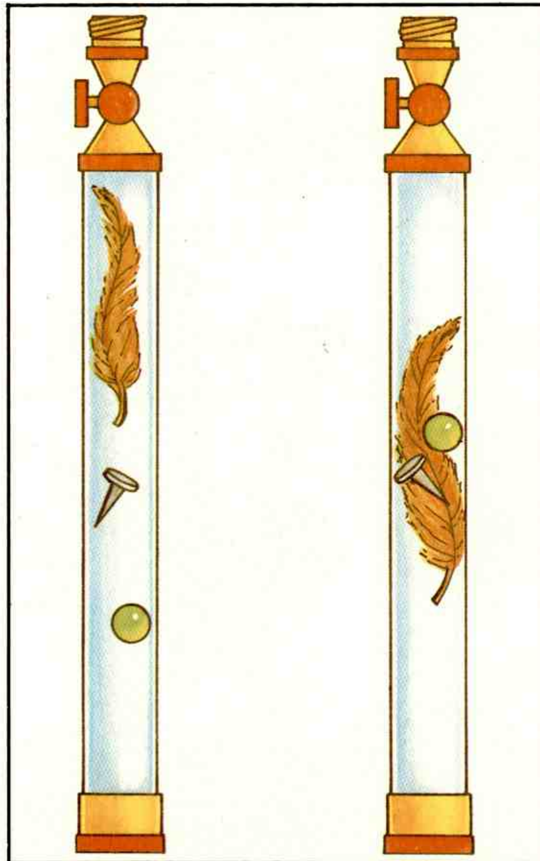
وانطلاقا من هذا المبدإ تمت صناعة المظلات المصنوعة من موادّ خفيفة جدّاً ولكن سطحها واسع مما يخوّلها مقاومة قصوى للهواء مما تجعلها بطيئة السرعة أثناء السقوط وبالتالي تمكن المظليين من الهبوط بأمان وبهدوء إلى الأرض ولو من علوّ شاهق.

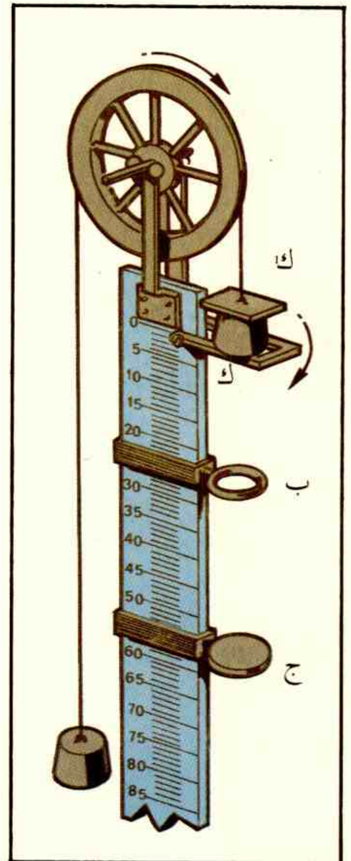
في الرسم : أنبوب نيوتن : في الهواء ، تسقط الأجسام بسرعات متفاوتة حسب ثقلها ، لكن داخل انبوب مفرّغ من الهواء نلاحظ أن نفس الأجسام تسقط بنفس السرعة .

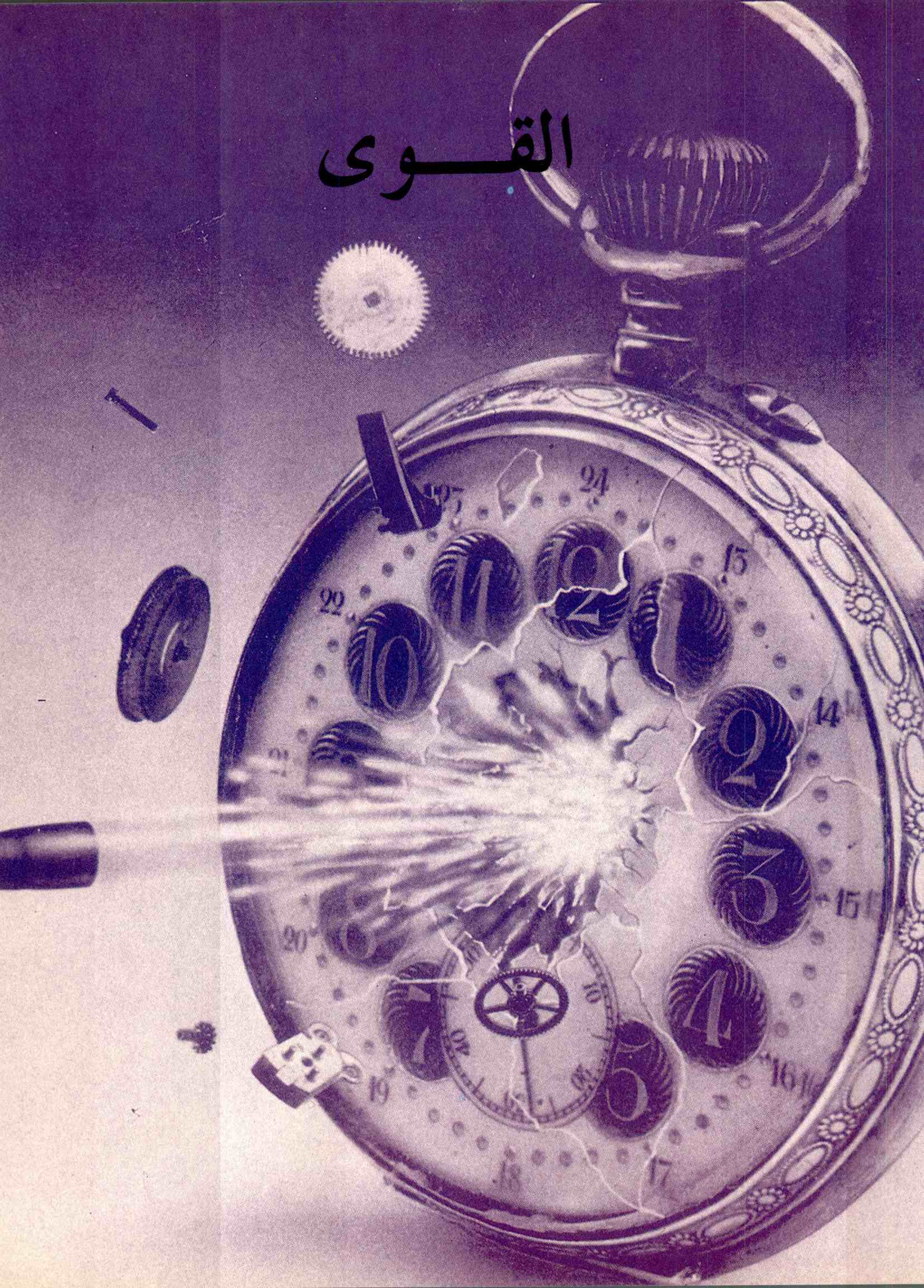
الصورة أسفله : لقد وضع نيوتن مبدأ مفاده أن ثقل الشيء لا يحدّد سرعة سقوطه ، ولكن المقاومة المعاكسة للهواء هي التي تقوم بذلك . ويقوم اختراع المظلات الكبيرة المقاييس على هذا المبدإ وتستعمل لتبطيء سقوط الانسان أو أي جسم معلق بها .

أسفله : آلة أتوود Atwood لقياس التسريع المتشاكل لحركة سقوط انطلاقا من دراسة تسريع ضعيف جدًا . ويمكن التعرف على كتلة ك وعلى كتلة ك الأصغر منها وهما متصلتان بخيط يمرّ خلال بكرة وزالقتين تمكن أولاهما (ب) من خصم الأبهاط (زيادة الثقل) أثناء التجربة لدراسة حركة متجانسة بينما تسمح الثانية (ج) من تغيير علو السقطة .








القــوى

القُـــوى

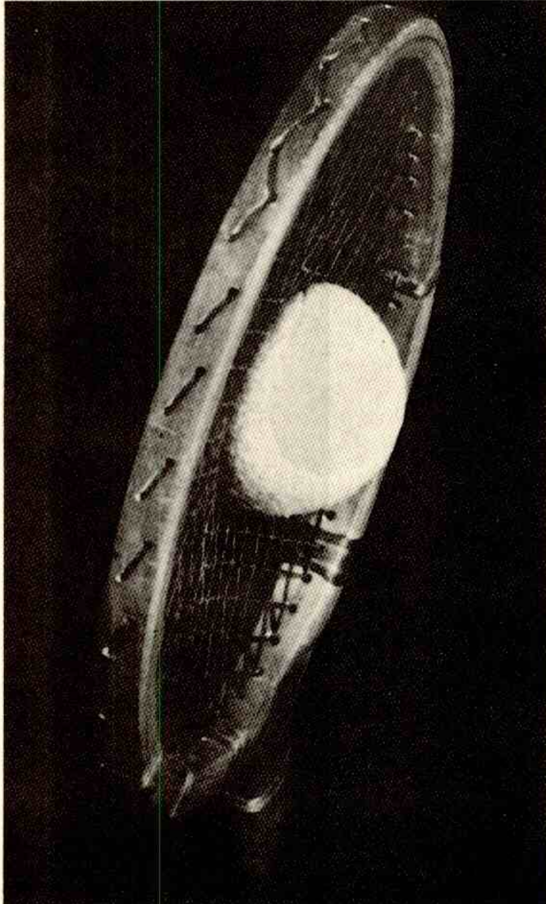
لماذا تتحرك الأجسام ؟

في الفصل السابق تحدثنا عن حركة الأجسام، الاّ أننا لم نشر إلى الأسباب التي تنتج الحركة. **وسنتعرض فيما يلي لهذه** الأسباب ، في اطار ما يعرف **بالدّيناميك** أو **علم الديناميكا** أو **علم القُوى**، بعد أن رأينا ما هي حالة الحركة وحالة السكون. ذلك أن الجسم الساكن بالنسبة لنقطة مرجعية محدّدة، يميل إلى الاحتفاظ بحالته إلى أن يتدخل سبب خارجي لتغييرها، وهذا السبب الخارجيّ هو **القوّة**.

القوة

إن أبسط فكرة عن القوة،تتمثل في المجهود العضلي الذي نقوم به طوال النهار. وذلك بحمل الأشياء ونقلها والقيام بالالعاب الرياضية وغير ذلك من الحركات التي تتطلب بعض المجهود. وفي كل تلك الحالات نقوم بمجهود لحمل أو جرّ أو نقل جسم كان ساكنا من قبل. ويمكن أيضاً التأثير على أجسام متحركّة، كَرَدّ كرة طائرة أو إيقاف كأس قبل أن تسقط على الارض، وفي بعض الحالات نكون إزاء تشويه جسم وتغيير شكله، من ذلك

إن الجسم لا يتحرك من تلقاء نفسه ، إذ لابد من قوة تؤثر فيه لنقله من مكان الى آخر . ولاعب كرة المضرب **(الصورة جانبه)** يمدّ الكرة بقوة تجعلها تتحرك بعنف . ويوضّح ذلك القوة العضليّة التي تؤثر على جسم متحرك : فالكرة كانت من قبل تتوفر على حركة ذاتيه ومسار خاص بإمكان ضربة اللاعب تغييره بالمضرب . وتبين **الصورة اسفله** من خلال المضرب كيف أن القوة المؤثرة على جسم قد تغيّر كذلك من شكله .





كسر الجوزة أو تغيير شكل الطين المبلّل.

وفي الحالات المذكورة، تستعمل القوّة. لذا يمكن أن نستخلص كتعريف أولي لهذه الظاهرة هو ما يلي : «إن القوة هي كلّ سبب يؤثر في جسم حرّ في حركته، يجعله ينتقل من حالة سكون إلى حالة حركة أو يلغي حركته، أو يؤثر في جسم غير متحرك فيشوّهه ويغيّر شكله».

ومن الناحية الفيزيائية ،تعرّف القوّة من خلال مجموعة الخصائص المتمثلة في الكثافة والاتجاه والوجهة ونقطة الارتكاز. وهي كالتالي :

شدّة القوّة وقياس الكثافة

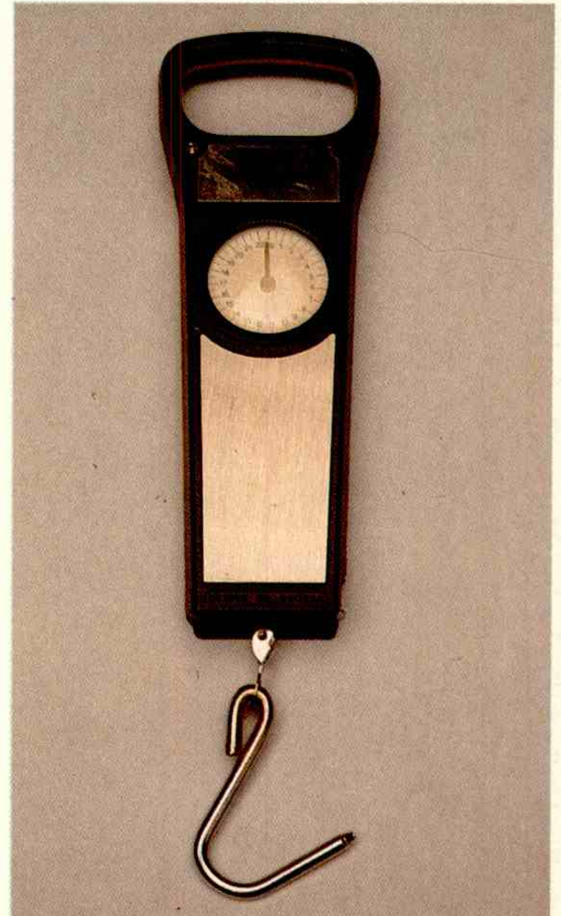
عندما نقوم برفع كتاب ،لابد من بعض المجهود، وعندما نريد نقل طرد ثقيل، فلا بد من مجهود أكبر من الأول. وهكذا فشدة القوّة،هي بالضبط قيمة المجهود الذي نقوم به في حركاتنا. وفي الحياة اليوميّة. يمكن القول إن هناك أعمالاً متعبة وشاقة أكثر من اعمال أخرى. الاّ أنه من الناحية العلمية، لا نكتفي بهذا التقدير الحدسي،ولكن نلجأ إلى نظام قياس دقيق وموضوعي لتحديد شدة القوة كما تقاس جميع العناصر الأخرى، ومن الأنظمة البسيطة النظام الذي يقيس استطالة نابض فولاذي اعتماداً على آلة تسمّى **الدّينامومتر أو مقياس شدّة القوى**. ويجب أن يكون الدينامومتر مُدرّجاً، أي أن عليه قياس استطالات النابض بقوّة معروضة.كما أن الأمر يحتاج إلى سلم قياس. والوحدة المستعملة في هذا القياس هي:**الكيلو غرام - قوة**، وهو يناسب وزن كتلة من البلاتين - الايريديم مقاسة عند 45 درجة مئوية على مستوى البحر وفي الفراغ. وهذه الوحدة القياسية والمعياريّة، على غرار الوحدات الأخرى، موجودة في مكاتب الاوزان والقياسات بسيفر. وعندما يكون الدينامو متر مُدّرجا، تسلّط على الطرف الحرّ من النابض،قوة بالامكان قياسها وتتمثل في وزن معين، عند ذلك يتم امتداد النابض حيث يمكن قراءة استطالته على السلّم المدّرج وهكذا نحصل على شدّة القوّة.

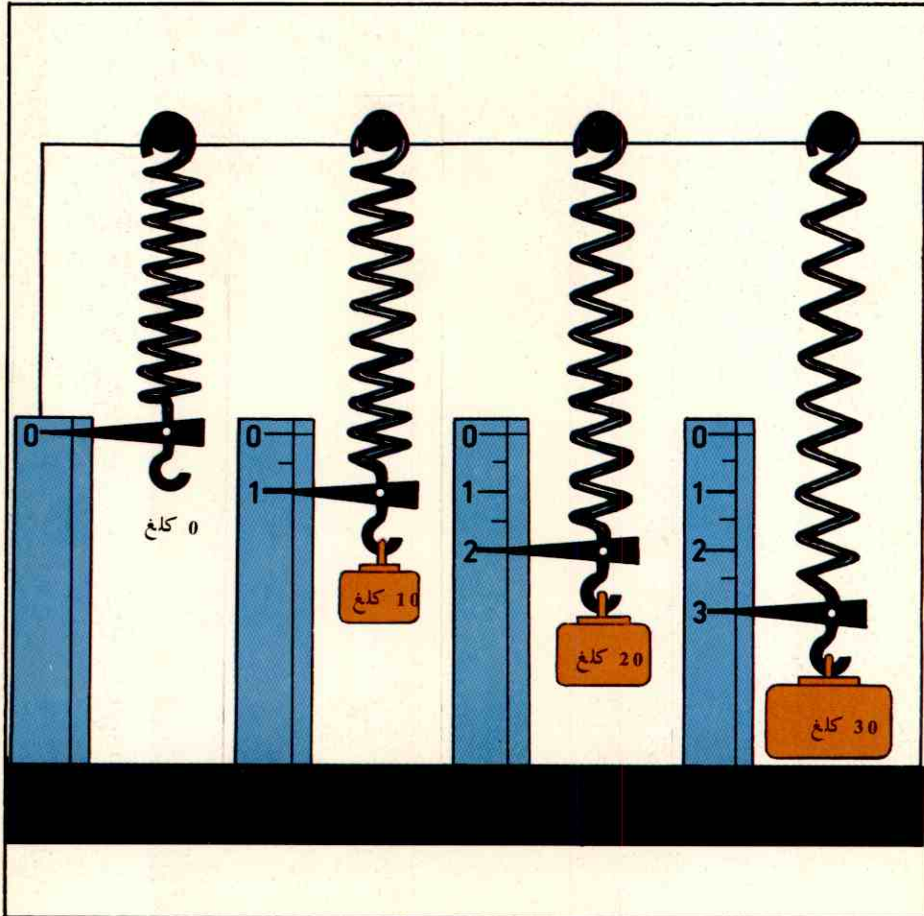
والنيوتن (ن) هو وحدة قياس القوى، وهو تسّرع معين في الثانية تنجزه كتلة تزن 1 كلغ أي أن النيوتن الواحد يساوي ضعف ذلك التسرع مضروبا في الكلغ.

ماهو المفهوم الفيزيائي للقوة ؟

ماهي خصائص القوة ؟

لقياس شدة قوة ما ، يستعمل قياس القوى او الدينامومتر الذي يظهر في الصورة أسفله : ويتكوّن هذا الجهاز من نابض وسلّم قياس : فمن خلال تمطط النابض تحت تأثير ثقل الجسم المعلق في طرفه النهائي ، يمكن قياس شدة القوة اعتمادا على ارقام السلم (الرسم جانبه)





لماذا يكون دفع صندوق ثقيل أسهل من جرّه ؟

الاتجاه والمنحى ونقطة الارتكاز

عندما نقدم على رفع شيء ثقيل، كثيراً ما نحاول جره أولاً ثم دفعه بعد ذلك بحثا عن الحلّ الاقل مشقة والأكثر فعالية. وسواء عند الجرّ أو الدفع فإن اتجاه القوة المطبقة على الشيء لا يتغيّر. ولكن ما يتغيّر هو منحاها، ويعّرف **اتجاه القوة** بالخط المستقيم الذي تطبق القوة على طوله، بينما **منحى** القوة المنحى الذي تطبّق القوة نحوه بالنسبة للنقطة التي تؤثر فيها والمعروفة **بنقطة الارتكاز.**



وكل هذه المعطيات التي ذكرناها تتعلّق بقوّة واحدة مطبّقة على جسم واحد. الا انه بالامكان وجود قوتين أو أكثر، ويجب الجمع بينها.

مجموع القوى

إذا قمنا بإخضاع جسم ما إلى مفعول قوى متعددة فإن ردّ فعله سيكون كما لو أنه تعرض إلى قوة واحدة ذلك لأن ما يحدث بالفعل هو أن القوة المؤثرة عليه هي مجموع القوى التي خضع إليها **وهي معروفة بالمُحَصّلة.** ومن ذلك مثلاً ما يحدث حين يقوم رجلان بجرّ صندوق ثقيل. فبالنسبة لهذا الصندوق لا توجد سوى قوة واحدة يخضع لها.

ولقياس المحصّلة يجب التمييز بين ثلاث حالات :

أ) القوتان ذات نفس الاتجاه ونفس المنحى. وفي هذه الحالة تكون المحصلة نفسها هذا الاتجاه وذلك المنحى، وتكون شدتها هي مجموع شدتي القوتين.

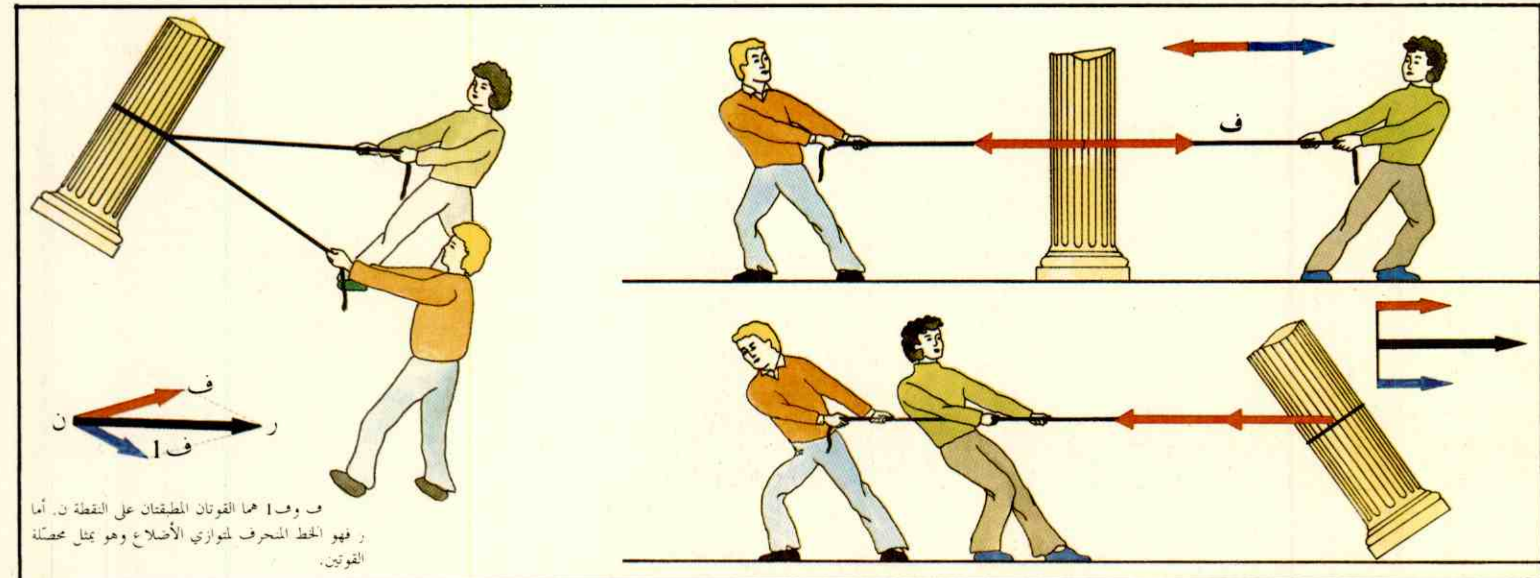
ب) القوتان تتوفران على نفس الاتجاه ولكنهما تختلفان من حيث المنحى، في هذه الحالة تكون المحصّلة

24 – في **الرسمين 1 و 2** تمثيل للقوة المسلّطة على نقطة م (نقطة الارتكاز) مع وجهات مختلفة لابراز مفهوم «الاتجاه»

في **الرسم 3** : مثال تطبيقي يبين قوتين بنفس الوجهة ولكن باتجاهين متعارضين وفي هذه الحالة تلغي القوتان احداهما الأخرى .

الرسم 4 : نفس القوتين ، بنفس الاتجاه وفي هذه الحالة تجمعان معا في قوة أكبر .

الرسم 5 : في حالة توفّر عدة قوى على وجهات واتجاهات مختلفة ، يتم استعمال المسطرة المتوازية الأضلاع لقياس الحاصلة .



ف وف1 هما القوتان المطبقتان على النقطة ن. أما ر فهو الخط المنحرف لمتوازي الأضلاع وهو يمثل محصّلة القوتين.

ذات نفس الاتجاه، أما منحاها فيكون هو منحى القوة الأكبر وشدتها هي الفارق بين القوتين.

ج) القوتان تختلفان من حيث الاتجاه والمنحى. وفي هذه الحالة تقاس المحصّلة بطريقة هندسية في إطار هندسة المستويات والمضلّعات.

ففي رسم لمتوازي أضلاع تمثل أضلاعه القوتين المذكورتين، فالخط المنحرف يبين اتجاه ومنحى المحصّلة بينما يمثل الطول شدّتها.

ويمكن أن نكون أمام حالة تستوجب قياس محصّلة ثلاث أو أربع قوى، الا انه ما دمنا قد استوعبنا الآلية، فيكفي أن نطبق قاعدة متوازي الأضلاع على قوتين من ثلاث وبعد ذلك محصلتها مع القوة الثالثة ثم المحصلة الثانية مع القوة الرابعة وهكذا دواليك الى أن ننهي جميع القوى فتكون لدينا المحصّلة اللازمة.

التوازن

لنعاين الآن الحالة التي تكون فيها قوتان مطبقتين على نقطة معينة تتوافران على نفس الشدة ومتعارضتين من حيث المنحى، في هذه الحالة لا يعرف الجسم أي تغيير في حالة سكونه او حركته حيث تكون القوتان في **توازن** وتكون المحصلة معادلة للصفر.

وبالامكان القيام بتجربة بسيطة بشأن توازن القوى، إذ يكفي أن نأخذ لوحة صغيرة ونضع على أحد طرفيها كتابا يجعلها مائلة، ثم نأخذ بعد ذلك كرة صغيرة ونضعها في الطرف المرفوع، فسنلاحظ أن الكرة ستتدحرج مسرعة نحو الأسفل وإذ ربطنا الكرة الصغيرة **بخيط نعلق في طرفه وزناً معيّناً ونترك هذا الوزن يتأرجح نحو الطرف المرتفع من اللوحة. فإننا سنلاحظ أن الكرة لا تنزل إلى الأسفل نهائياً ولكنها تتوقف عند نقطة معينة.**

وهذه النقطة تتغيّر حسب حجم الوزن، لان القوة المعارضة للقوة التي تجذب الكرة إلى أسفل تكون متفاوتة الشدة. والنقطة التي تتوقف عندها الكرة هي نقطة التوازن

ويجب التذكير، بأن كل جسم يخضع لقوة ــ الوزن الذي يُؤثر على كل الذرات وتكون متجهة نحو مركز الأرض. وتسمى نقطة التقاء كل القوة المؤثرة على باطن الأجسام بمركز الدّوران. ولدى دراسة هندسة الاجسام الصلبة يتم تعلّم كيفية تحديد مركز الدّوران. وفي هذا المجال لا بد من اجلاء وضعيتين مختلفتين: تتعلق الأولى بجسم معلّق ونقول بأنه في توازن حين تكون نقطة ارتكاز القوة على الخط العمودي الذي يمرّ من مركز الدّوران.

وإذا لم تكن نقطة الارتكاز على الخط العمودي المارّ من مركز الدوران فإنه لا يحصل التوازن.

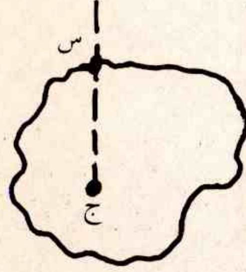
أما الوضعية الثانية فتتعلق بجسم صلب يستند إلى مستوِي. فالجسم يكون في توازن عندما يقع الخط العمودي المارّ من مركز الدوران داخل قاعدة الجسم الصلب.

أما إذا وقع الخط العمودي خارج القاعدة، فإن التوازن، ينعدم ويسقط الجسم الصلب.

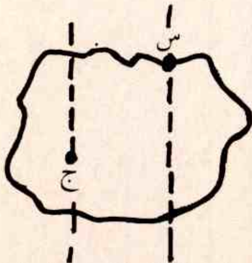
ومن الأمثلة العجيبة التي توضح هذه الظاهرة برج بيزا بإيطاليا المعروف بالبرج المائل، فهو رغم أنه في حالة توازن. إلا أنه لو تضاعف ميلانه إلى أن يحيد الخط العمودي عن القاعدة فإن هذا البرج سيسقط لا محالة.

لماذا لا يسقط برج بيزا رغم انحنائه ؟

س : نقطة ارتكاز القوة
ج : مركز الدوران

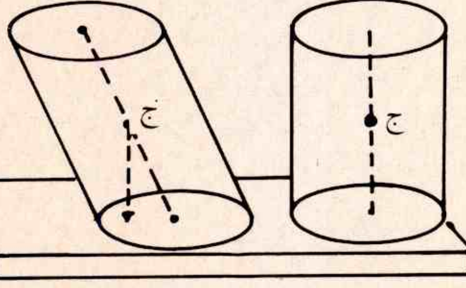


في هذه الحالة يتم التوازن

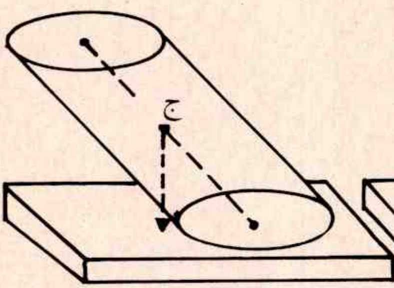


في هذه الحالة لا يحصل التوازن

ج : مركز الدوران



الجسمان الصلبان في توازن



الجسم الصلب فاقد للتّوازن



لماذا يتضاءل وزن رواد الفضاء على سطح القمر ؟

قوانين علم القوى او الديناميكا

سبق أن أشرنا فيما يتعلق بسقوط الأجسام الثقيلة إلى نيوتن في مجال تطوّر علم الفيزياء. والذي يعود له الفضل في وضع بعض القوانين الأساسية لعلم القوى المعروف بالديناميكا وهي كالتالي :

المبدأ الأول للديناميكا يقول :إن الجسم الذي لا يخضع لأية قوّة يميل إلى الاحتفاظ بحالة حركته او سكونه وهذا هو **مبدأ الجمادية**.

أما **المبدأ الثاني للديناميكا**، فيقول : إن قوة قارة تطبّق على جسم ما، تثير تسريعاً يكون له اتجاه ومنحى القوة.ويكون متناسباً مع شدة القوّة ذاتها. فإذا سمينا ق القوة وس التسريع فإن

ق (قوة) س = تسريع ك = كتلة السكون

$$ق = ك \times س \quad و \quad م = \frac{ق}{س}$$

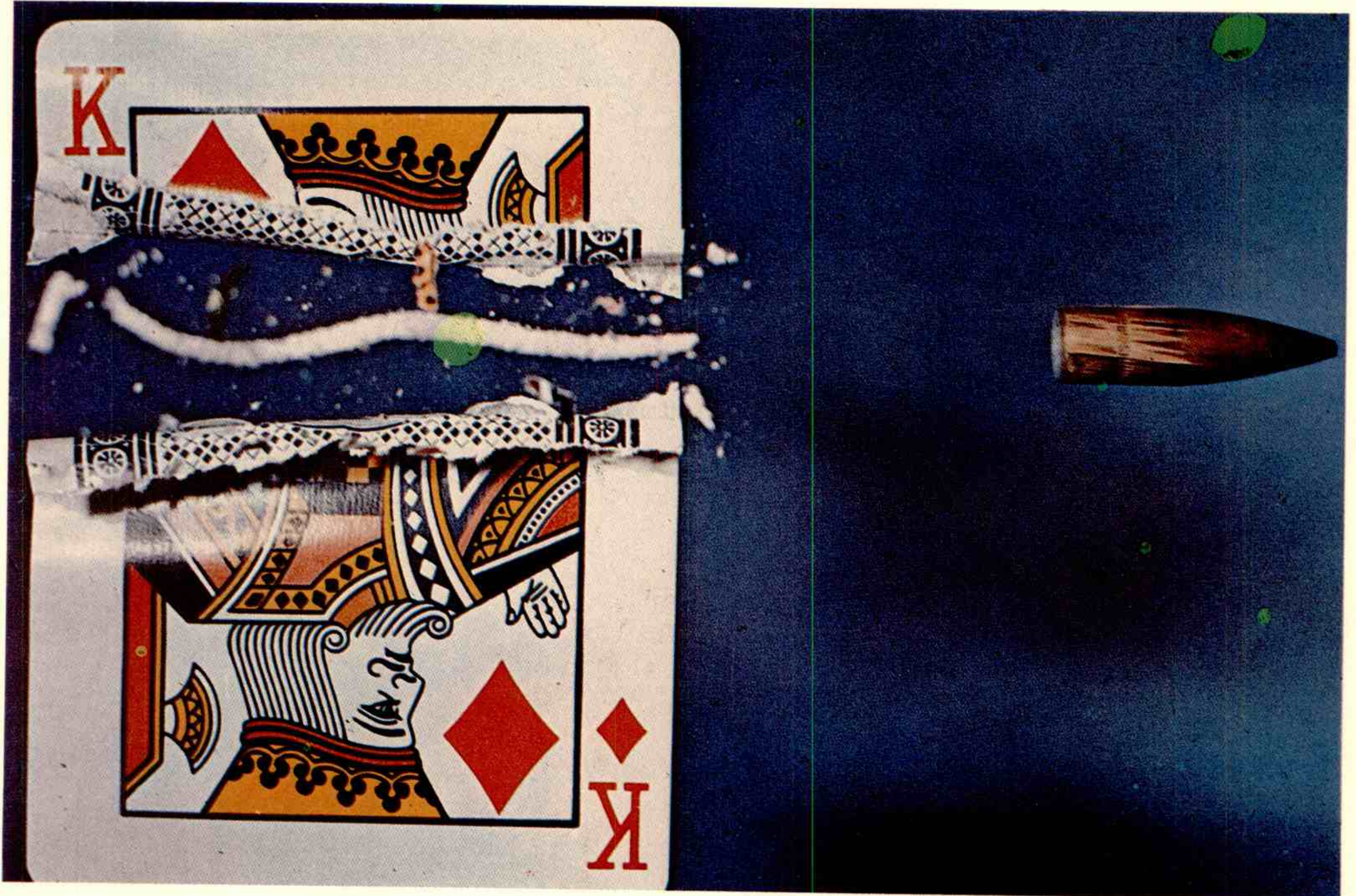
حيث أن ك هي ثابتة التناسبيّة المعروفة **بكتلة الجمادية**.

ولنطبّق هذه القاعدة على حالة سقوط الاجسام الثقيلة التي تكون فيها القوة ممثلة بالوزن ز والتسريع ج هو تسريع الجاذبية. آنذاك نحصل على المعادلة:

$$ز = ك \times ج$$

حيث يُمثل ك الكتلة. ويجب التذكير أن كتلة جسم ما تبقى دائما متساوية في حين يتغير وزنه بالنسبة لوضع الجسم على الأرض. واختلاف الوضع على الأرض لا يحدث أي تأثيرات ظاهرة، الا أنه حين نغادر الأرض وننتقل إلى كوكب آخر،يكون التغيير واضحاً. فرجال الفضاء الذين يمشون على سطح القمر،يظهرون وكأن لا ثقل لاجسامهم. والحقيقة أن أي وزن ما يعادل هناك سدس الوزن الذي يكون له على الأرض، لأن قوة الجاذبية

الصورة أسفله : رصاصة البندقية التي تخترق ورقة لعب مثال يثبت عدة نظريات فيزيائية : في البداية ، هناك حركة مستقيمة مسرّعة بانسجام رغم أنه في لحظة لاحقة سوف تغيّر الرصاصة وجهتها ليصبح مسارها النهائي منحنيا ، كما أن الرصاصة تبيّن كيف يمكن التدخّل بقوة ما لتشويه جسم معيّن . وأخيرا فالرصاصة من العلوّ بمكان بحيث تتفتت الورقة رغم قوة الارتطام ، إذ تحتفظ للحظات على وضع سكونها الأصلي .

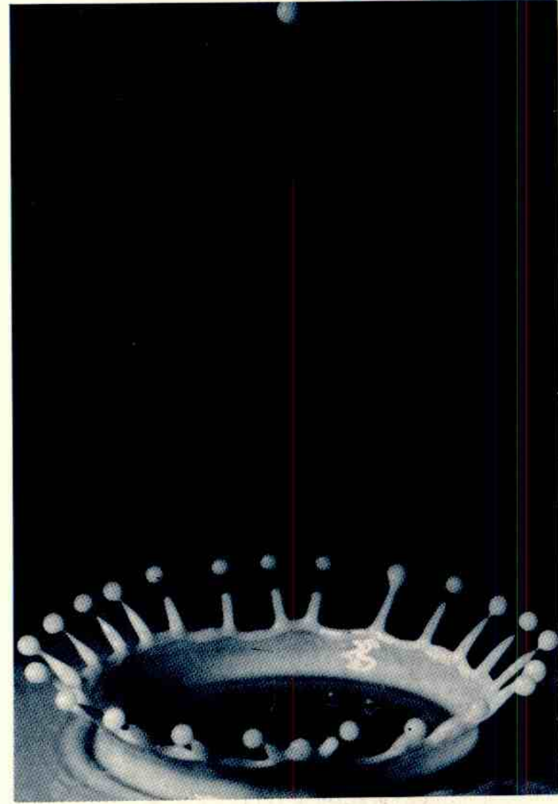


أهمّ القوى الطبيعية

توجد في الطبيعة ،عدة قوى بالامكان تصنيفها حسب مقاييس مختلفة منها مثلا المصدر أو حقل الارتكاز. وفيما يلي وصف لأهم القوى الطبيعية على أن القوى الأخرى سيتم التعرض لها في فصول أخرى.

قوة الجاذبية

سبق أن اشرنا في مناسبات مختلفة إلى القوة – الثقل الذي يجتذب الأجسام الحرة في تنقلها نحو الأرض، والتساؤل المطروح يدور حول ما إذا كانت هذه القوة ذات فعالية على سطح الأرض فقط أم أنها تشمل سائر مناطق الكون. وقد انشغل العلماء كثيراً بهذه المسألة وكرسوا لها دراسات وابحاثاً عديدة إلى أن جاء نيوتن ليقيم. كونية قانون الجاذبية بعد دراسة لنظام الأرض والقمر التي عمّم على إثرها نظرياته في هذا المجال.



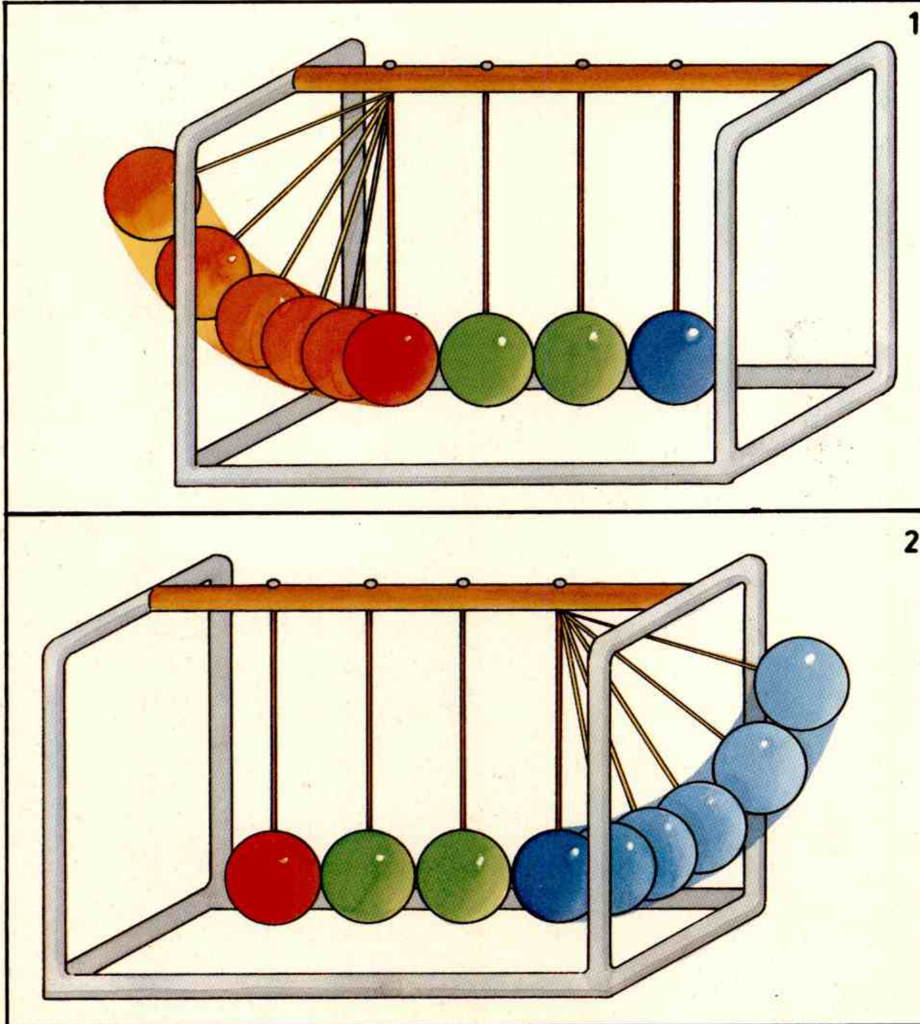
يقول المبدأ الثالث للديناميكا أو علم القوى إن لكل فعل ردّ فعل مماثل أو معاكس . ويمكن توضيح هذا المبدإ بصورة لقطرة حليب وهي تسقط على صحن ملىء بنفس السائل حيث تحدث ردّ فعل معاكس في قعر الصحن في برهة لا تكاد عين الانسان ادراكها فيها بسهولة .

ضعيفة جدّاً على سطح القمر بخلاف ما هي عليه فوق الأرض.

وحسب **المبدإ الثالث للديناميكا**، فإن لكل فعل ردّ فعل مماثل له أو معاكس. وهذا المبدأ يرى بأنه حين تمارس قوة ما على جسم ما فإنها تتزامن مع قوة أخرى ذات شدة متساوية ولكن ذات منحى معاكس.

وهكذا يمكن التساؤل حول سبب انعدام التوازن بين القوتين. والجواب هو انهما تطبقان على جسمين مختلفين. فمثلاً حين نضغط بأصبعنا على حجر، فإن الأصبع بدوره ينضغط. والحصان الذي يجرّ عربة يكون بدوره مجرورا من الخلف بواسطة تلك العربة.

ويستعمل هذا المبدأ لتشغيل المحركات النفاثة، إلا أنه موجود كذلك في الطبيعة، وخاصة في عالم الحيوان : إذ أن بعض الأسماك، مثل الحبار والأخطبوط، تتنقل وفق مبدإ الفعل وردّ الفعل.



جانبه : نقل الحركة في الأجسام الصلبة : تقوم الكريّتان الفولاذيتان بقرع الكريّة الوسطى بالتناوب وتنقل هذه الأخيرة الحركة إلى الكرية الأخرى وهي ساكنة .

ماهو قانون الجاذبية الكونية ؟

ويمكن تلخيص نظرية الجاذبية التي صاغها نيوتن كما يلي :

لنفترض جسمين من كتلة ك1 و ك2 مقاييسهما ضئيلة بالنسبة للمسافة الفاصلة بينهما : يمكن القول إنهما يتجاذبان بقوة تسلط على طول الخط المستقيم الذي يربط الكتلتين والذي يكون متناسبا عكسا مع مربع مسافتهما حسب القانون الآتي :

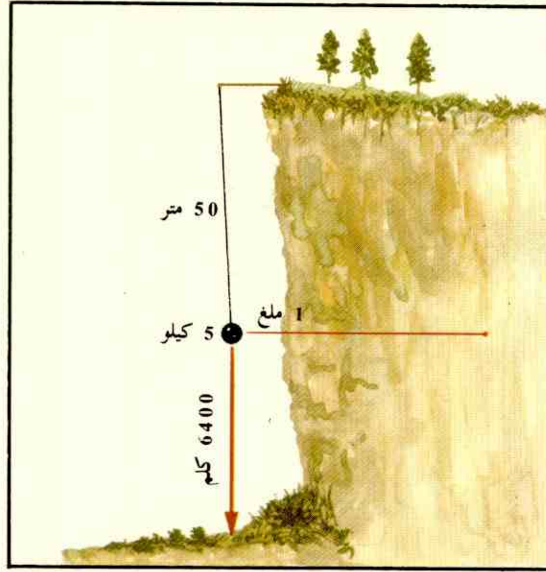
$$ق = ح \times \frac{ك1 \times ك2}{ر \times ر}$$

وفي هذه القاعدة يمثل حرف ج ثابتة الجاذبية المتساوية بالنسبة لجميع الكتل والمرهونة فقط بوحدات القياس.

وإذا كانت هذه القواعد التي تستعمل لتفسير الظواهر الفيزيائية معقّدة بعض الشيء فلكونها ترتكز على المبادىء الأساسية للرياضيات التي يعرف الجميع مدى اعتمادها على الاعداد عوض الحروف. إلاّ أن ذلك لا يجب أن يكون عائقا بالنسبة لغير المتخصّص يجعله ييأس من فهم ما نحن بصدده من ظواهر. والحقيقة أن نيوتن نفسه لم يتمكن من توضيح نظرياته الفيزيائيّة إلّا بعد تَوصُّله إلى إقامة البرهان عليها بكيفية رياضية قبل أن ينشرها.

قوى الاحتكاك

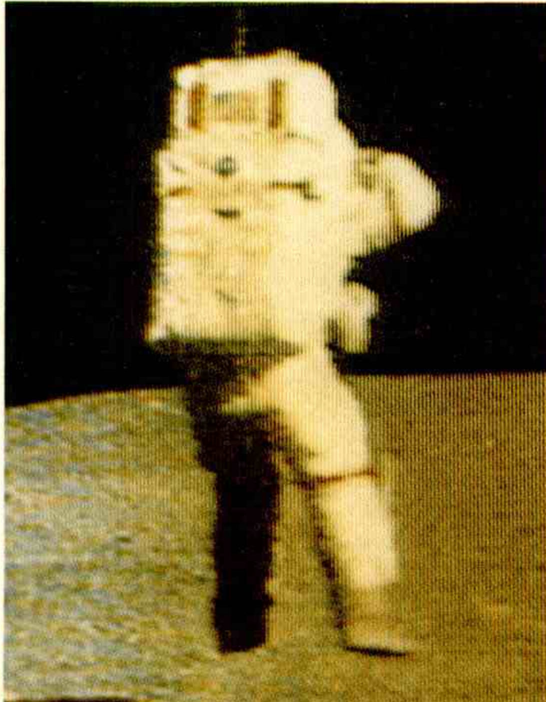
تعرف **قوى الاحتكاك** عموما بكونها القوى المعاكسة لحركة جسم ما، إلاّ أن هذا التعريف غير صحيح لأن قوى الاحتكاك تستعمل كذلك لتسهيل الحركة. فللمشي مثلاً نستعمل احتكاك القدمين بسطح الأرض، وبفضل الاحتكاك تتمكن عجلات السيارة

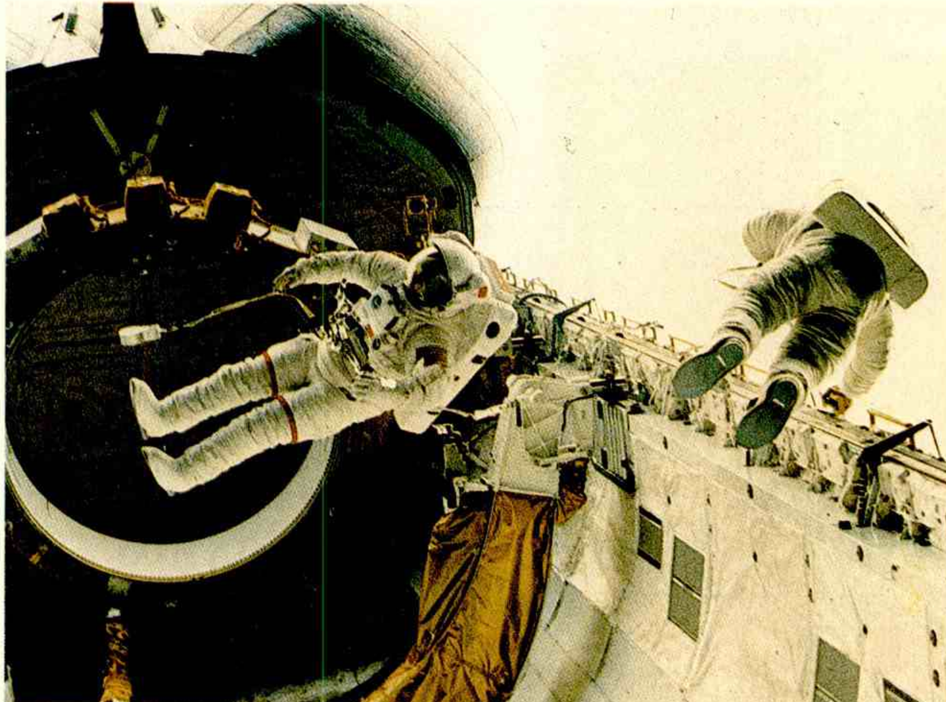


إن القلّة المعلقة على طول جدار الجبل تنجذب نحو الأرض بفعل **قوة احتمالية** تبلغ 5 كيلوغرام **قوة** . ويتوافق مركز الجاذبية الأرضية مع مركز انجذاب القلة وهو يقع على بعد 6400 كلم من السطح . كما أن هناك **قوى** انجذابية ضعيفة جدّا (1 ملغ) تتجه نحو الجبل الذي يقع مركز جاذبيته على حوالي 50 متر .

تختلف قوة الجاذبية على الأرض عما هي عليه على سطح القمر . فعلى سطح القمر يكون ثقل جسمنا أخف بكثير منه ونحن فوق الأرض . ذلك ما يظهر من خلال خفة حركة الرائد الفضائي جون يونغ J.Younng اثناء قيامه برحلة أبولو 16 (الصورة أسفله) .

الصورة جانبه : ستوري موسغراف S. Musgrave ودونالد بيترسون D.Peterson المشاركان في أول رحلة لشالنجر Challenger الاميركية ، وهما يسبحان في الفضاء بعد افلات ثقل جسميهما من الجاذبية .





المطاطية من الالتصاق بالاسفلت حيث تدور عوض أن تنزلق.

وهناك أنواع مختلفة من الاحتكاكات ومن أهمها ما يلي :

أ) **الاحتكاك المنزلق** : ويكون عندما ينزلق جسمان أحدهما على الآخر، كأن يتم نقل جسم بجره على الأرض دون رفعه.

ب) **الاحتكاك الدّائر** : ويكون عندما يدور

لماذا تسهّل العجلة عملية نقل الأشياء الثقيلة ؟



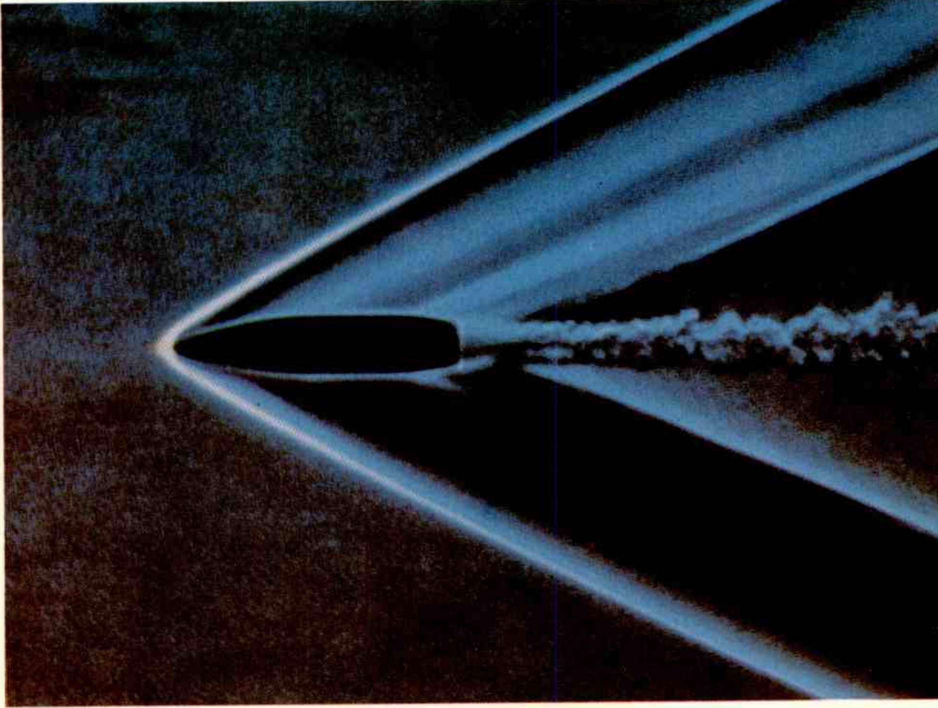
صورة 1 : الاحتكاك المنزلق : ويحدث عندما ينزلق جسمان احدهما على الآخر ، وفي هذه الحالة يحدث ايضا الانزلاق الساكن الذي يكون في بداية الحركة

صورة 2 : الاحتكاك الناقل أو الدائر : ويكون عندما يدور جسم فوق آخر .

صورة 3 : احتكاك الوسط وهو مقاومة الموائع لحركة الأجسام الغائصة فيها .

صورة 4 : احتكاك الوسط ، وهو نفس حالة الصورة 3 غير أن الوسط هنا يتمثل في الهواء المبيّن بالازرق .

صورة 5 : مزلقة على سكة حديدية وهي مثال حي على حالات الجمادية والاحتكاك الناقل واحتكاك الوسط والقوة النابذة . عندما تنزل العربة تواجه مقاومة الوسط المتمثل في الهواء والسّكة . وعندما تصعد تفقد من سرعتها بسبب الاحتكاك الذي تجمّعه الى درجة أنه يصبح من الضروري مساعدتها عند الوصول الى القمة بواسطة تجهيز موجود على السكة .









لماذا يميل الماء الى التدفق من الدلو عند تدويره ؟

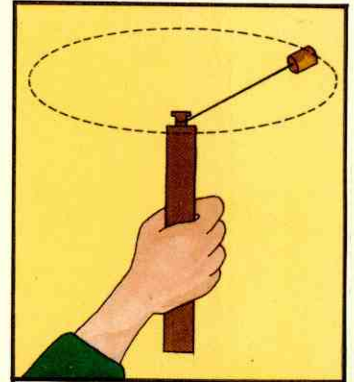
جسمان أحدهما على الآخر أو فوقه، كما هو الشأن بالنسبة لعجلة او لفافتين.

ويمكن بسهولة من خلال التجربة أن نوضح أن الاحتكاك الدائر أقلّ قوة من الاحتكاك المنزلق. ذلك انه لو أردنا نقل صندوق من مكان إلى آخر ستكون العملية سهلة وأقل مشقة لو وضعنا تحت الصندوق عجلات عوض جره مباشرة على الأرض.

ج) **احتكاك الوسط** : وهو مقاومة السوائل لحركة الأجسام التي تغوص بها.

د) **الاحتكاك الداخلي** : وهو الاحتكاك الموجود بين مختلف أجزاء السائل.

ويجب التذكير بأن هناك اختلافا بين **الاحتكاك القار والساكن والاحتكاك المتحرك،** أي بين الاحتكاك الذي يكون في بداية الحركة والاحتكاك الذي يكون أثناء تحرك الجسم، فالاحتكاك الثاني يكون دائما أقلّ قوّة من الأول، مما يدُلّ على أن القوة اللازمة لتحريك جسم ما أشد من القوة اللازمة للاحتفاظ بحركة ذلك الجسم. وإذا أخذنا مثال الصندوق السابق فسندرك أنه لكي يتم نقل جسم ثقيل، يكون المجهود الأكبر هو الذي يتطلبه البدء في النقل أي الشروع في الحركة.



القوة النابذة والقوة المركزية

عندما يتنقل جسم ما تبعا لحركة دَائريّة منتظمة، فإنه يكون خاضعاً لقوتين إحداهما نابذة تميل إلى ابعاده عن مركز الدائرة والأخرى جابذة أو مركزية تميل إلى جرّه نحو المركز. وإلى أن يحصل التوازن بين القوتين، يستمر الجسم في اتباع مساره، فإذا ما تغلبت إحدى القوتين على الأخرى فإن الجسم يتوجه نحو خارج المسار أو يسرع في اتجاه المركز. ويمكن التأكد من ذلك بالقيام بتدوير دلو مليء بالماء، فإذا كانت سرعة الدوران ضعيفة فإن الماء سيتساقط من الدلو، وإذا كانت سرعة الدورة مرتفعة جدّا، فإن الدلو يميل إلى الافلات من قبضة اليد؛ أما إذا كانت سرعة الدوران معتدلة، فان الدلو يستمر في الدوران ولا يخرج منه الماء. ويدل هذا على أن القوة الجابذة أو المركزية والقوة النابذة في توازن تامّ.



تتدخل القوة النابذة في أغلب ميادين حياتنا اليومية . فبقيادة دراجة نارية ندرك أنها في المنعطف تكون مدفوعة بقوة نابذة حيث تميل الى الخروج عن المنحنى . ولتفادي ذلك يتم موازنة القوة النابذة باستعمال تقل الجسم .

الرسم 1 : يمكن القيام بالتجربة البسيطة التالية : نأخذ عصا ونعلق ثقلا في طرفها بواسطة خيط ثم نحركها في اتجاه دائري لنلاحظ أن الثقل بفعل القوة النابذة يبدأ في الدوران حول قمة العصا راسما دائرة منتظمة ونفس الشيء يحدث بالنسبة لرمي المطرقة



الصورة 2 : في هذه الحالة تظهر القوة النابذة والقوة الجابذة من خلال بعض الألعاب . فالكراسي الصغيرة المتصلة بالدوار تتنقل نحو الأعلى حسب مضاعفة سرعة الدوران . وإلى أن يحتفظ الدوّار بالسرعة القارة التي توازن بين قوتين ، تبقى الكراسي في الأعلى وعندما يخفّض الدوّار من السرعة ، تطغى القوة النابذة فتهبط الكراسي تدريجيا الى أن تتوقف عن الحركة .

الهـــواء

في إطار الحديث عن الاجسام الهوائية الخصائص، أولينا اهتماما خاصاً بأهمها في حياة الانسان الا وهو الهواء، وقد قمنا بوصف خصائصه بمناسبة دراستنا للظواهر الجويّة. وفيما يلي دراسة للهواء من الناحية الفيزيائية.

كلّنا يعلم أن الأرض محاطة بطبقة جويّة يبلغ سمكها مئات الكيلومترات والتي تتقلص كثافتها كلما زاد الارتفاع. ويتكوّن الهواء من غازات مختلفة، أي من عناصر مادّية، وعليه فالهواء أيضاً مادّة ذات ثقل على غرار سائر المواد الأخرى.

وقديماً كان يعتقد أن الهواء لا ثقل له، إلا أن غاليلي أثبت ان الأمر غير ذلك، فقد أخذ كرة تنتهي بصنبور، ثم قام بتسخين الكرة والصنبور مفتوح إلى أن افرغها مما بها من هواء ثم أغلق الصنبور وقام بوزن الكرة. وبعد ذلك استعمل محقنة ليردّ بها الهواء داخل الكرة، ثم قام بوزن الكرة من جديد فلاحظ أن وزنها قد تضاعف.

إن الكتلة الهوائية التي تحيط بالأرض تمارس عليها ضغطا يسمى **بالضغط الجوّي** الذي يسهل إثبات وجوده. فإذا أخذنا كأس ماء وغطيناها بدقة بورقة ثم قلبنا الكأس، فسنلاحظ أن **الورقة تبقى ملتصقة بحافة الكأس وهي مائلة دون تدفق الماء منها.**

وكان توريسيلّي وهو تلميذ لغاليلي، هو أول من قام بقياس قيمة الضغط الجوّي، وذلك على النحو التالي : فقد أخذ أنبوباً من الزجاج طوله متر ومقطع من سنتيمتر مربّع، ثم ملأه بالزئبق ثم قلبه في وعاء مليء كذلك بالزئبق بحيث لا يصل الانبوب إلى قعر الوعاء، فلاحظ أن جزءا من زئبق الانبوب ينتقل إلى الوعاء، فسجّل أن عمود الزئبق ينزل بمتر إلى 76 سنتيمتر ثم يقف عند هذا المستوى لأن الضغط الذي يُمارسه عمود الزئبق يتوازن مع الضغط الجوّي.

وهكذا يمكن القول بأن قيمة الضغط الجوّي مستاوية وقيمة الضغط الممارس من قِبَل عمود الزئبق البالغ علوّه 76 سم على مستوى البحر ويزن حوالي 1،03 كلغ.

وقد تأكّد أن هذه القيمة صحيحة عند مستوى البحر لأن الضغط الجوّي يتغيّر حسب الارتفاع، إذ كلما زاد الارتفاع كلّما تقلص الضغط، أما في أعالي الجبال فالضغط يكون اكثر انخفاضاً بالمقارنة مع ما هو عليه عند مستوى البحر، إذ يكون الهواء هناك أكثر كثافة ممّا يسهل بعض المجهودات الجسمية كالقيام ببعض الرياضات.

وبالفعل فبالنسبة لبعض أنواع الرياضات تم الحصول على نتائج جد ايجابية عند المستويات الاكثر ارتفاع من مستوى البحر. من ذلك مثلا أن الأرقام القياسية في القفز الطولي والقفز الثلاثي، وكذلك في معدّل السرعة بالنسبة لسباق الدراجات، كلها سجلت في الالعاب الاولمبية لسنة 1968 بمكسيكو التي يبلغ ارتفاعها على سطح البحر 2.260 مترا.

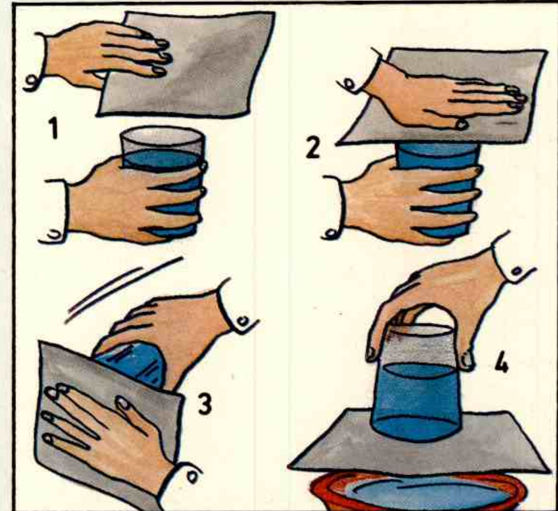
ومن الأهمية بمكان معرفة درجة الضغط الجوّي لتوقّع احوال الطقس، ويتأتى ذلك باستعمال المضغاط أو مقياس الضغط الجوّي.

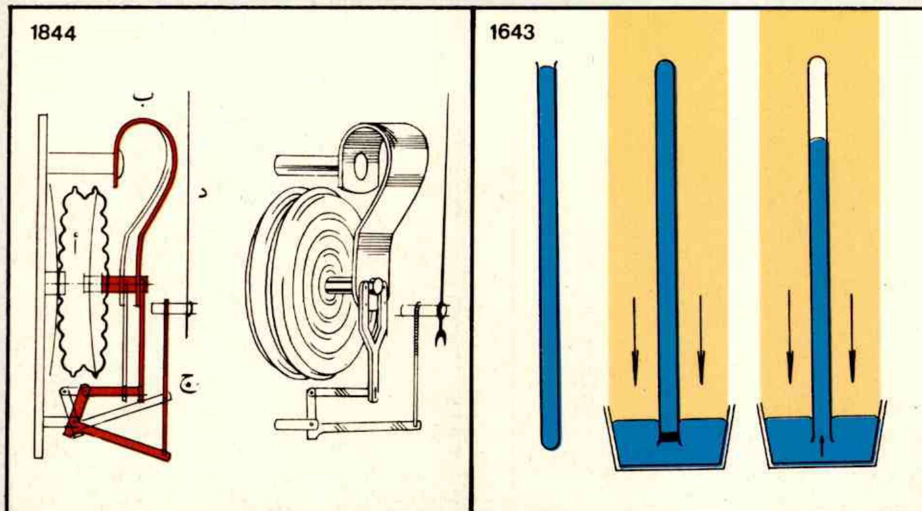
وبصفة عامة يستعمل المضغاط اللاّسائلي المتكوّن من علبة **معدنية مقفولة بإحكام ومفرّغة من الهواء. وغطاء العلبة كبير** الرهافة وبداخلها يوجد نابض يقوم بموازنة الضغط الجوّي حتى لا يتم سحق الغطاء الرهيف تحت وطأة الضغط. وعندما يرتفع الضغط الجوّي، يدفع النابض مركز الغطاء إلى أعلى وعندما ينخفض الضغط ينثني الغطاء نحو الداخل، وتنقل حركات الغطاء بواسطة إبرة تتنقل على ميناء خاصّ يبيّن قيمة الضغط المسجّل، وإذا كان الضغط الجوّي منخفضاً، فإن الطقس مضطرب، أما إذا ارتفع فإن الجوّ يكون صحواً وجميلا، فمثلاً حين يسجّل المضغاط 730 مم، فإنه بالإمكان توقّع زوبعة، وحين يسجل 760 مم فيمكن توقّع طقس جميل.

وهناك خاصية أخرى تميّز الهواء وهي ذات علاقة بالظواهر الفيزيائية، وتتمثل في **مرونته**، أي قابليته للانتشار في أوساط شاسعة أو ينضغط في أوساط ضيّقة، وهذه الخاصيّة ذات أهمية قصوى في نقل الأصوات وهي ظاهرة سوف نتعرض لها بالتفصيل لاحقاً.

الرسم أسفله : تجربة لاثبات قوة الضغط الهوائي :
1 املأ كأسا بالماء وخذ ورقا مقوى ؛ 2 غطّ الكأس ؛ 3 اقلب الكأس مع الضغط بالورق على جوانب الكأس بكفّك ؛ 4 اسحب كفّك لتلاحظ أن الماء يتدفق من الكأس .

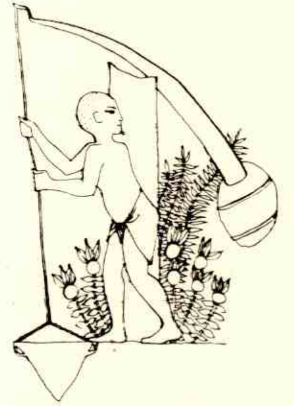
جانبه : مضغاط توريشيلي Torricelli (1643) والمضغاط المعدني لفيدي (1844) المستعمل لقياس الضغط الجوي .





الآلات البسيطة

– في **الرسم أسفله** : الشادوف (SHADUF) وهو آلة يستعملها المصريون لري الحقول المزروعة في حوض النيل . وتقوم هذه الآلة على أولى استعمالات العتلة (الرافعة) في جلب الماء من النهر بواسطة دلو جلدي مخروطي الشكل يكون معلقا في رقاص متوازن موضوع على ركيزة . وتمكن رقاصة مثبتة في الطرف الآخر من الرقاص من رفع الدلو المملوء بالماء بكل سهولة .



إن **الآلة** هي كل جهاز يحقّق التوازن بين قوتين، وهكذا فالآلة تجعل قوة تسمى **القدرة** تتوازن مع قوة أخرى تسمى **المقاومة**. وعند القيام بتحديد ظروف التوازن بين القوتين، يكفي أن تضاعف قدرة الآلة لابطال المقاومة.

وفيما يلي سنتعرض للآلات البسيطة البدائيّة التي استعمل بعضها في غابر العصور وبعض منها مازال قيد الاستعمال حاليا كما كانت عليه ابان ظهورها قبل صنع آلات أكثر تعقيداً. ونكتفي هنا بأهم الآلات البسيطة.

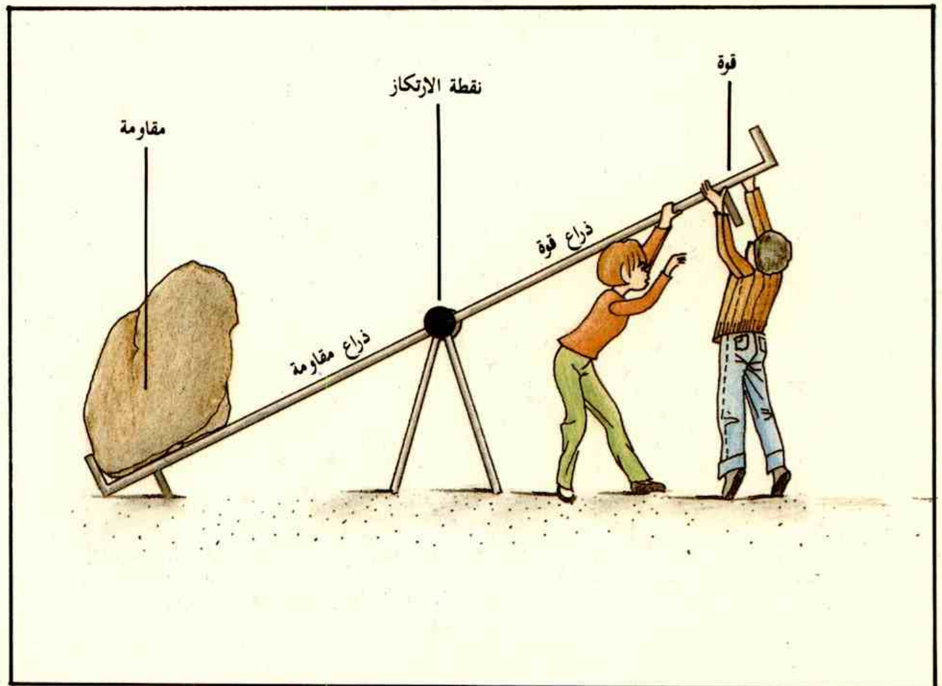
العتلــة

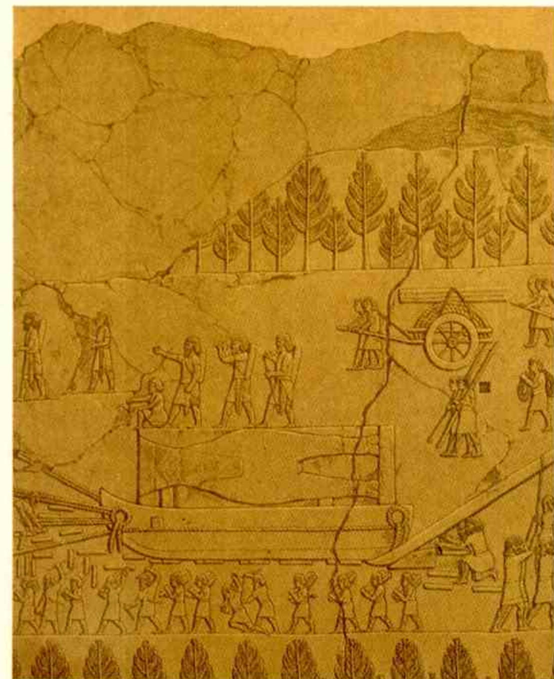
عندما نريد نقل جسم ثقيل كصخرة أو جدع شجرة، يستحسن استعمال قضيب حديدي نضعه تحت الجسم ثم نضغط عليه بقوة عوض أن نتعب في جرّه أو دفعه. وهذا القضيب الحديدي هو ما يعرف **بالعتلة** البسيطة وهي أقدم آلة بسيطة وأشهرها، وهناك أنواع أخرى من العتل ومنها المقصّ والملقط، إلاّ أن هناك اختلافاً بين الانواع مع اشتراكها في بعض خصائص العتلة على وجه العموم.

والعتلة جسم صلب يتحرك حول نقطة قارّة، ويمَكّن من مضاعفة قوّة تمارس على مقاومة. وتنقسم العتلة إلى ثلاثة أجزاء أساسية وهي **القدرة**، أي النقطة التي ترتكز عليها القوة، ثم **المقاومة** وهي نقطة ارتكاز المقاومة، **ونقطة الارتكاز** وهي النقطة الذي تدور فيها العتلة، **وذراع القدرة** وهي المسافة الفاصلة بين نقطة الارتكاز والقدرة، ثم **دراع المقاومة** وهي المسافة الفاصلة بين نقطة الارتكاز والمقاومة. وهناك أنواع ثلاثة من العتل وهي كالتالي :

عتلة من النوع الأول : وهي العتلة التي تقع فيها نقطة الارتكاز بين القدرة والمقاومة. وهناك ثلاث وضعيات مختلفة بالنسبة لهذا النوع. وضعية ملائمة عندما يكون ذراع القدرة أطول من ذراع المقاومة، ثم وضعية محايدة عندما يكون ذراع القدرة متساويا مع ذراع

الرسم جانبه : رسم بياني برافعة : إن هذه الآلة تستعمل نفس المبدإ : فهناك نقطة ارتكاز وذراع مقاومة وذراع قوة . وتحدّد نوعية الرافعة واستعمالاتها : منذ أقدم العصور والانسان يستغلّ مبدأ الرافعة ، كما يظهر من خلال النُقَيْشة التي ترجع الى عهد نينيف Ninive ببابل . ويظهر الى اليمين استعمال العتلات لنقل مركب .





المقاومة، واخيراً هناك وضعية غير ملائمة، عندما يكون ذراع القدرة أقصر من ذراع المقاومة.

والمقص والملقط وذراع الانسان من عتلات النوع الأول .

عتلة النوع الثاني : وهي التي توجد فيها المقاومة بين نقطة الارتكاز والقدرة. وتكون هذه العتلة دائما ملائمة لأن ذراع القدرة يكون دائما أطول من ذراع المقاومة.

ومجذاف القارب وكسارة الجوز وفتاحة الزجاجات، كلها عتلات من النوع الثاني.

عتلة النوع الثالث : وهي العتلة تقع فيها القدرة ما بين نقطة الارتكاز والمقاومة. وهي بطبيعة الحال غير ملائمة لأن ذراع القدرة يكون أقصر من ذراع المقاومة.

ومن عتلات النوع الثالث هناك الملقط الصغير الخاص بالساعة الحائطية وشبات المدفئة.

كيف تعمل العتلة ؟

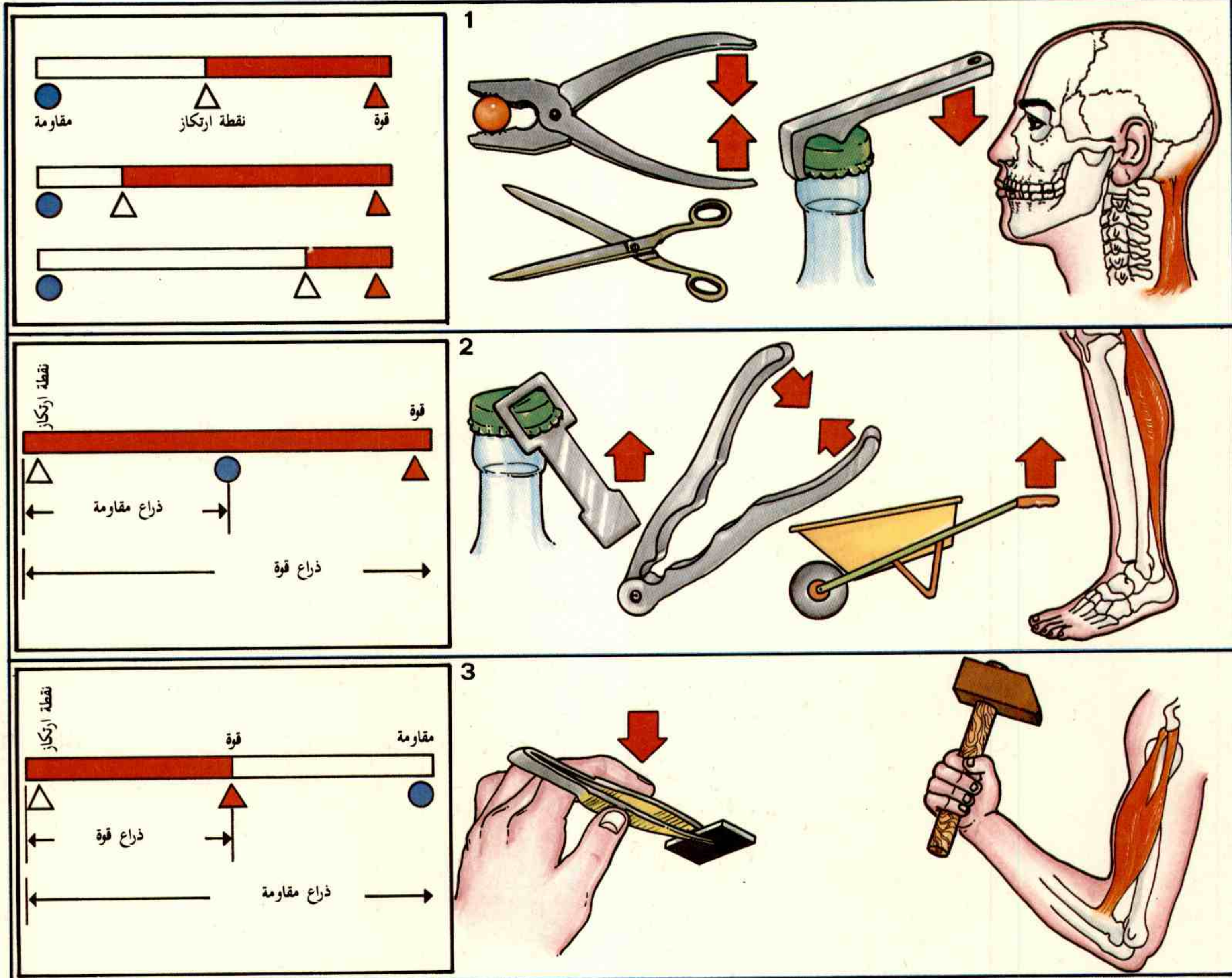
ماهي أنجع الرافعات ؟

تصنّف الرافعات الى ثلاثة أنواع : فمنها ذات نقطة الارتكاز في المركز (الصنف الأول) وأخرى ذات مقاومة في المركز (الصنف الثاني) وأخرى ذات قوة في المركز (الصنف الثالث) .

في الرسم 1 : من بين رافعات الصنف الأول هناك المقصّ والملقط وفتاحة الزجاجات وفي جسم الانسان مفصل الرأس .

الرسم 2 : من بين رافعات الصنف الثاني كسارة البندق ، وفي جسم الانسان مفصل الساق .

الرسم 3 : من بين رافعات الصنف الثالث ، مفصل ذراع الانسان والملقط الصغير والشبّات .



ماهي أهمية البكرة ؟

البكَرة :

البكَرة آلة تستعمل لرفع الاثقال، وهي متداولة بكثرة في أوراش البناء وفي البوادي وخاصة لجلب الماء من الآبار العميقة. وهناك نوعان من البكرات :

البكرة الثابتة : وتتكوّن من عجلة صغيرة تدور حول محور ولكنها متكافلة معه. وعلى حِتَارِها يَنزلق حبل وتكون القدرة عند الطرف الأول والمقاومة عند الطرف الثاني منها. ولكي يتم توازن القوتين، يجب أن تكون المقاومة والقدرة متساويتين. وعند الزيادة في القدرة يتمّ التغلّب على المقاومة.

البكرة الحرّة : وتختلف عن البكرة الثابثة لكونها تدور مستقلة عن المحور الذي ترتكز عليه المقاومة. والبكرة الحرّة عتلة من النوع الثاني حيث أن مقاومتها تقع ما بين نقطة الارتكاز والقدرة. ولتحقيق التوازن بين القوتين، يكفي أن تتساوى القدرة مع نصف المقاومة.

المِلفَاف

الملفاف آلة لرفع الأثقال والحمولات ويُعرف كذلك **بالخنزيرة**، وهو مكّون من شجرة أو طبل يتم تدويره بواسطة مساك أو مُدوّرة، وهو يدور حول محور ويلتفّ حوله أثناء الدور حبل يجر ما يراد رفعه.

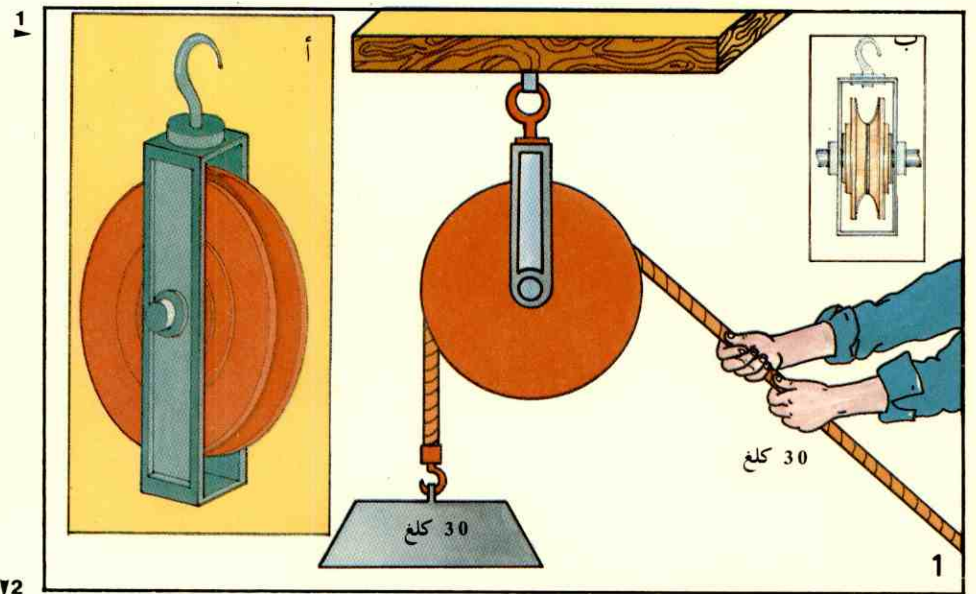
ولاقامة التوازن في الملفاف، يكفي أن تكون القدرة أقلّ قوّة من المقاومة.

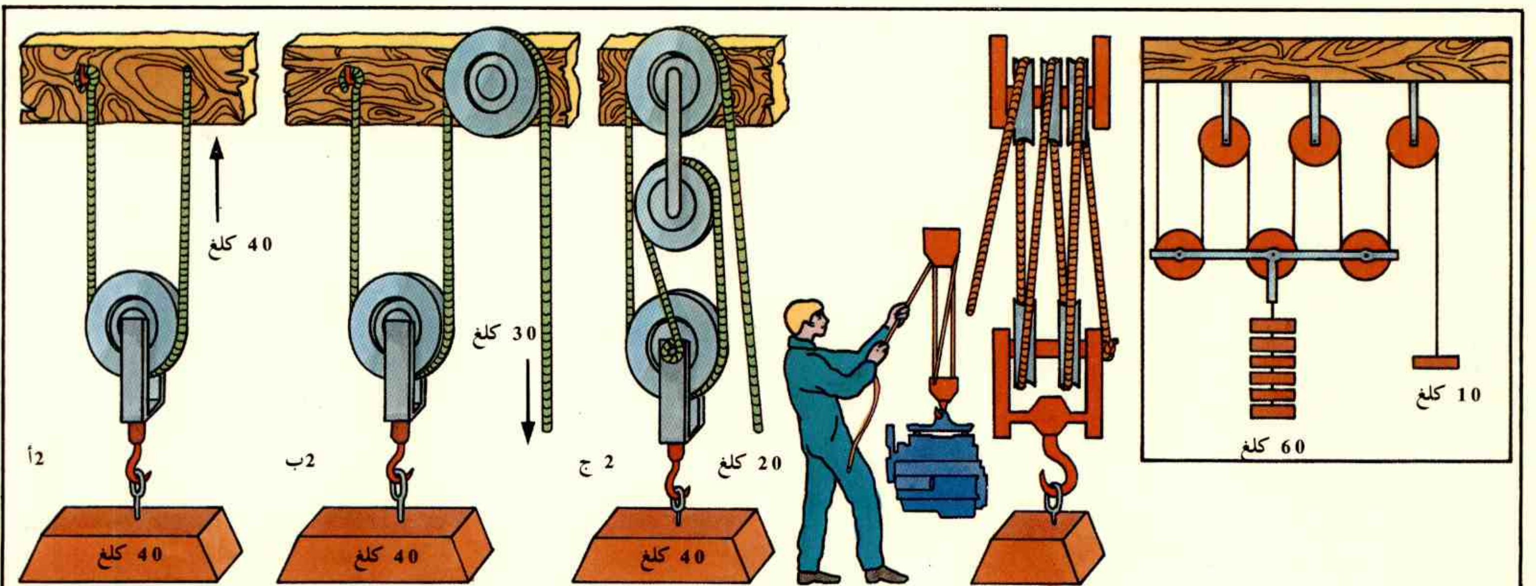
الرسم 1 : بكرة عادية وتتساوى فيها القوة مع المقاومة وهي غير فعالة .

الرسم 2 : بمضاعفة عدد البكرات يتضاعف ذراع القوة . ومن الواضح أم مجهود 2 أ أكبر من مجهود 2 ب ، وهذا الأخير أكبر من مجهود 2 ج .

في الصورة : بكرة بئر تستعمل لرفع الدلو الممتلئ بالماء .







الحَدُور :

الحدور آلة للرفع تستعمل عندما يراد اجتياز فرق للارتفاع، كما يحدث عند رفع برميل فوق شاحنة أو انزال حيوانات من عربة.

الاسفين :

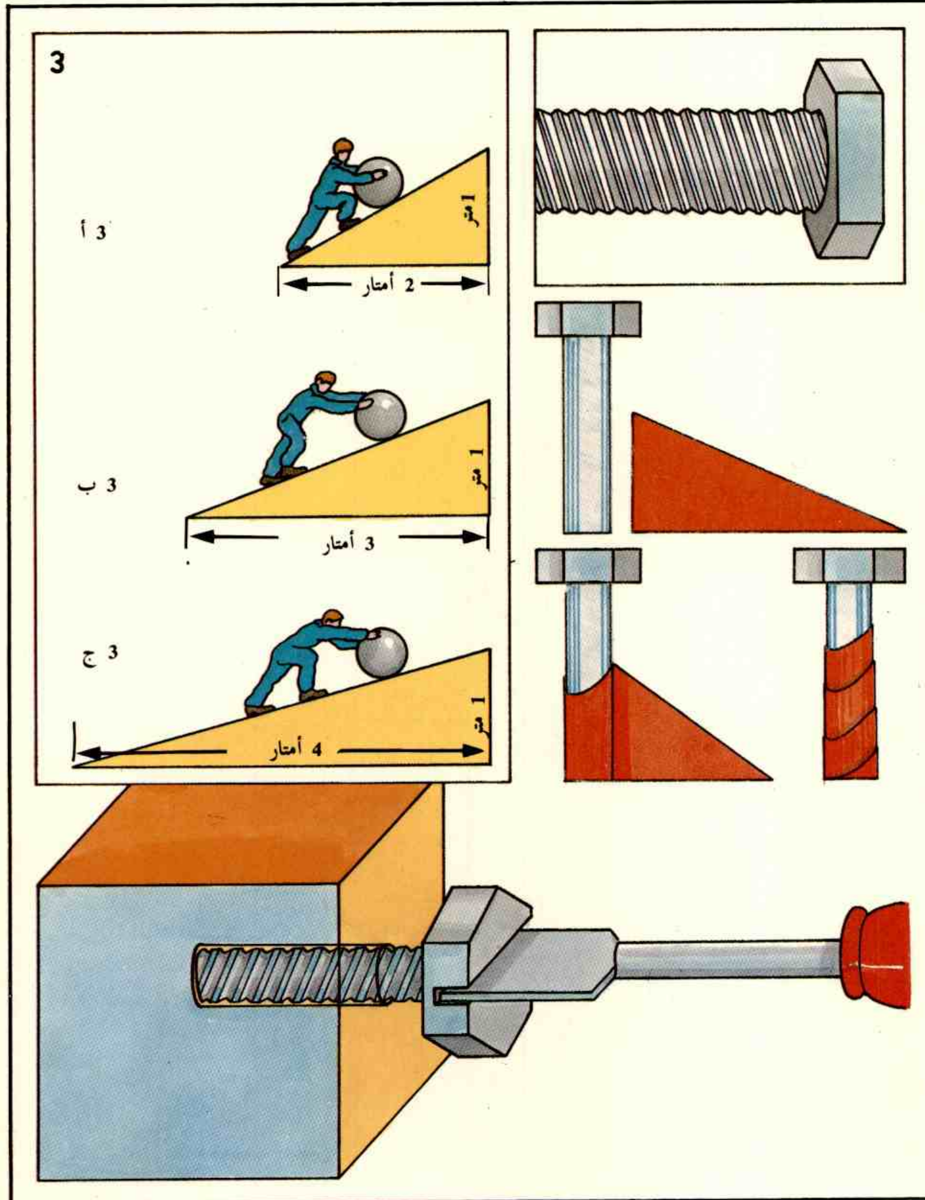
الاسفين أو الوتد آلة ذات شكل موشوريّ، **وهي** مادة غاية في الصلابة كالخشب او المعدن، تستعمل لشق المعادن، وهي كثيرة التداول لدى الحطابين لشق جذوع الاشجار، كما تستعمل لشدّ أو إخضاع بعض الأشياء.

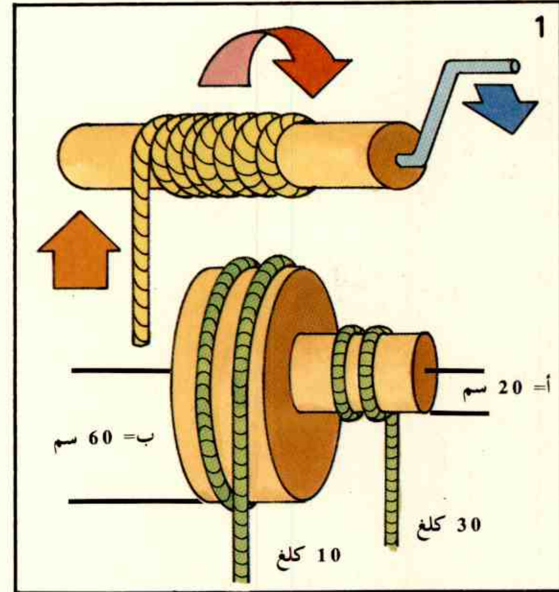
وتجدر الاشارة إلى أن الهدف من استعمال هذه الآلات كلها هو اقتصاد القوّة مع الاحتفاظ بفعالية العمل. ومن الأمثلة على ذلك استعمال **البُرْغِيّ** وهو آلة بسيطة أخرى تمكّن من تحويل حركة دائرية إلى حركة مستقيمة، وتكون النتيجة واحدة إلا أن القدرة اللاّزمة أقلّ بكثير. ويمكن مقارنة البُرغِيّ بطريق جبلية تكون منعرجاتها المتعدّدة عاملاً على تسهيل صعودها.

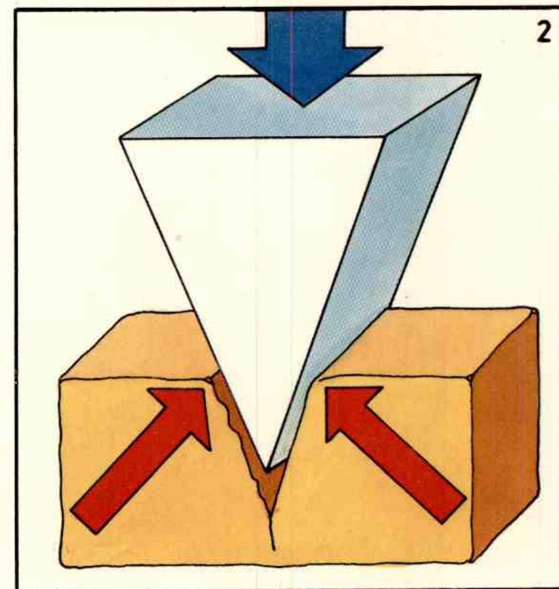
الرسم 1 : ملفاف تقليدي : تقوم حركة المساك بلفّ الحبل حول العصا .

الرسم 2 : الاسفين : وتظهر القوة باللون الأزرق والمقاومة باللون الأحمر . والأسفين اكثر فعالية عندما يكون السنان حادّا .

الرسم 3 : الحدور عند علوّ قار من متر واحد ، وعلى حدور يتراوح مابين مترين وأربعة أمتار ، يكون العمل المنجز أكثر سهولة في 3 ج . البرغي أو اللولب الذكر عبارة عن حدور . ذلك لأن لولبة البرغي الذكر ليست سوى حدور ملتف حول اسطوانة معدنية . وعندما يكون الالتفاف كاملا يكون البرغي الذّكر جاهزا للاستعمال







كيف يعمل المرفاع ؟

استعمالات الرافعة

آلات الرفع :

من خلال مقارنة الرافعة العادية بالمصعد الكهربائي يظهر مدى تطور آلات الرفع عبر العصور ومدى أهميتها في الحياة اليومية للانسان . ويرجع اختراع أول رافعة إلى رغبة الانسان في نقل الحمولات عموديا وافقيا وتحويلها من مكانها . وكلما تضاعف وزن الحمولة كلما مست الحاجة الى اختراع رافعة أقوى ، وتقوم عملية الرفع سواء بدفع الحمولة من أسفل كما هو الشأن بالنسبة لكل من الاسفين والعتلة والرافعة ، أو بجرها من أعلى كما هو الشأن بالنسبة لكل من الأثفية والملفاف (الخنزيرة) والرافعة البحريّة والمرفاع والجسر النقّال .

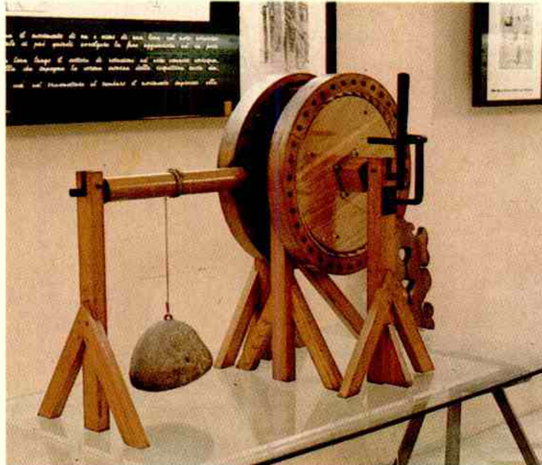
المرفـاع

تتكوّن هذه الرافعة الموجودة في جميع أوراش البناء من هيكل عمودي وذراع أفقي أو منحن يدعم نظام البكرات التي تعمل عادة بواسطة محرّك .

وهناك أنواع كثيرة من المرافع ، وتكون إما ثابتة أو متحركة . وبالنسبة للانواع المتنقلة فهي تكون مركّبة على عجلات أو زناجير أو سكك . ويكون ذراعها في الغالب دوارا حول محور . ومن الأنواع المتداولة بكثرة المرافع الطافية لشحن البواخر . والجسر النقال الذي يتنقل على سكك أرضية أو هوائية ، ويستعمل في الموانىء والمعامل الكبرى ، وكذلك الملفاف الذي يعمل بمحرّك بخاري أو انفجاري أو كهربائي .

الصورة 1: ذراع (أو سهم) مائل لمرفاع.
الصورة 2: آلة من اختراع ليوناردو دي فانسي لتحويل الحركة المتعاقبة الى حركة متواصلة. ويقوم ذلك على مبدإ العتلة التي بتنقلها على طول مجال الدوران المتصل بها تحدث فصّالا في النابض المرتبط بالتاج الباطني للعجلة المحزّزة الموالية. وتتعاقب العجلتان في نقل حركة الرافعة الى الطبل وذلك للفّ الحبل المتصل بالثقل.
الصورة 3: شاحنة برافعة.
الصورة 4: نوع آخر من الرافعات بذراع أفقي دوّار على محور وتدي.


1


2



3


4

المصعد

عندما **قال** أرشيميد «أعطوني رافعة **فأحمل** لكم العالم كله» لم يكن يتوقع ماآل إليه انتشار الرافعات وما اكتسبته هذه الآلات من أهمية في الحياة المعاصرة . لقد كانت لديه فكرة محدّدة عن استعمالات العتلة ، إذ يُرجع إليه البعض اختراع أول مصعد يدوي كان ينقل فردا واحدا .

ومنذ هذا الاختراع البسيط لم تفتأ تقنية المصعد تتحسن الى أن تبلورت أكثر خلال القرن التاسع عشر ، **ففي** سنة 1853 ، **قام** الأمريكي أ.غ. اوتيس (E.G. otis) باختراع أول مصعد مزود بتجهيز اوتوماتيكي مقاوم للسقوط يعمل بواسطة آلة بخارية . وفي سنة 1867 حقق الفرنسي إيدو (Edoux) انجاز المِرْفع المائي الذي اطلق عليه اسم «المصعد» لأول مرّة . وفي سنة 1880 ظهر أول مصعد كهربائي على يد الالماني سيمنس (Siemens) .

وتتعدّد تقنيات صناعة المصاعد حسب الأغراض ونوعية الحمولات ووزنها ، وهي تتنوّع كذلك حسب مصدر الطاقة التي تعمل بها ، إذ تنقسم إلى مائية وهوائية مائية وكهربائية .

وتتألف **المصاعد المائية** ذات الغرفة المدعّمة من غرفة محمولة على مكبس يعمل بالماء المضغوط . ويكمن المشكل الأساسي لهذه التقنية في البئر الذي يجب ان يكون عمقها مساويا لارتفاع العمارة ، ولذلك بقي استعمال هذا النوع محدودا جدّا . وتكون مقاييس المكبس صغيرة في حالة المصاعد المائية ذات الغرفة المعلّقة بفضل نظام من البكرات .

أما **المصاعد الكهرمائية** فتتوفّر على مضخة كهربائية تنجز الضغط المائي ، في حين تستعمل **المصاعد المائية الهوائية** القوة المحركة للهواء المضغوط وتعمل **المصاعد الكهربائية** مباشرة بواسطة ملفاف يشغّل بمحرّك كهربائي وهي الأكثر استعمالا في الوقت الراهن .

وتتميّز المصاعد الكهربائية الحديثة المستعملة حاليا بالخصائص التالية : فلها غرفة معدّة لحمل عدد معين من الأشخاص ، تتنقل داخل سرداب عمودي يكون على شكل قناة متجهة نحو الأعلى وتعرف **بقفص المصعد** . وهناك **ثقالة** تقوم بموازنة قوة تحمّل الغرفة بفضل نظام من الحبال الفولاذية العمودية . وتبقى الغرفة معلّقة في الهواء

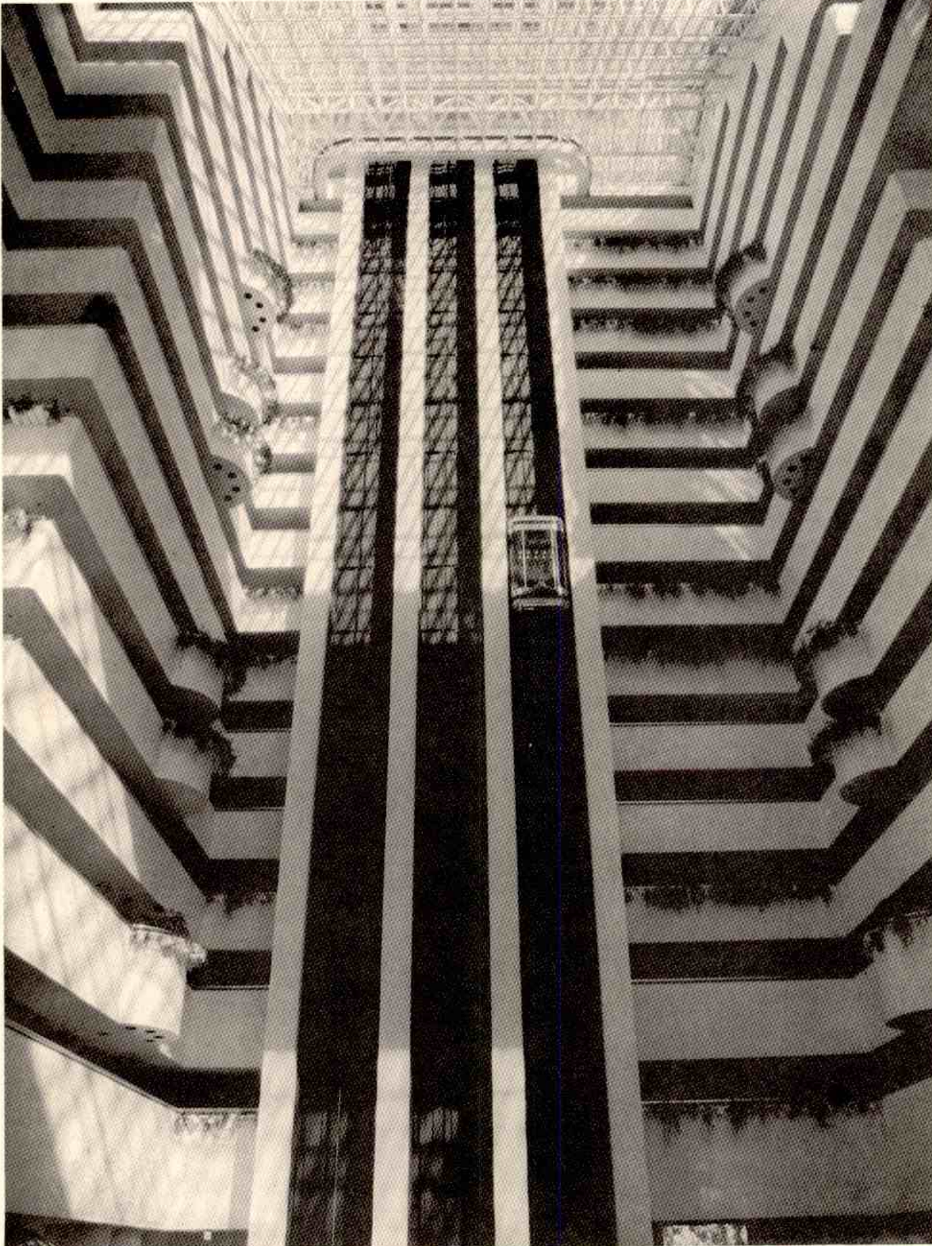
الصورة: مصعد حديث

كيف يعمل المصعد ؟

بفضل **ركاب** معدني ترتبط به **مزالق التوجيه و المظلات** . وللغرفة عادة باب واحد يقفل القفص عند كل طبقة في العمارة .

وتقوم حركة المصعد على **ملفاف** يثبت عند قمة السرداب ويعمل بواسطة تيار متردّد بسرعة أو سرعتين . كما أن الملفاف يعمل احيانا بمحرك ذي تيار متواصل متغيّر السرعة يشحنه جهاز مولّد .

ويتكون محرك المصعد من **المكبح الكهرطيسي وأزرار تماسّ للتحكّم** وفواصل للوقاية من الاوزان الزائدة . وتضاف الى هذه العناصر أعضاء أمنية ووقائية كالمظلة التي تقوم بحصر الغرفة على المقود في حالة انكسار الحبال الفولاذية ، ثم **مغالق** التبديد **ومخمدات** الغرفة وثقالات الموازنة .



العمل والقدرة والطاقة

ماهو المفهوم الفيزيائي للعمل ؟

كيف يقاس العمل ؟

العمل

عند تعرضنا للقوى، تحدّثنا عن الأعمال المنجزة عن طريقها، وفيما يلي نقدّم تفسيراً لمعنى مصطلح «العمل» في مجال الفيزياء.

ففي الحياة اليومية العادية، يكون التلميذ الذي يقوم بواجباته المدرسية في حالة انجاز عمل وكذلك ربة البيت والفلاح اثناء مزاولة كل منهما لمهامّه، إلاّ أنه بالنسبة للفيزياء لا يعتبر عملاً إلاّ جزء ضئيل من هذه الأنشطة اليومية.

فالرياضي الذي يمارس كرة المضرب يظهر وكأنه يلعب ويقوم بنشاط هيّن وممتع، إلا أنه في ميدان الفيزياء يعتبر نشاطه **عملاً** حقيقيّا كلّما ردّ الكرة بمضربه. ذلك أن العمل من الناحية الفيزيائية هو كل نشاط يتمّ فيه تركيز قوة معينة على جسم معيّن تجعله يتنقل في اتجاه تلك القوة نفسها. فإذا تضاعفت القوة زادت مسافة التنقّل وبالتالي يتم إنجاز **عمل** أكبر. وهو ما تعبّر عنه هذه القاعدة :

$$ع = ق \times ت$$

، حيث يمتل حرف ع العمل المنجز وق، القوة المركّزة وت، التنقل المحصّل عليه.

والوحدة المستعملة لقياس العمل هي **الكيلو غرام متر** (كغم)، وهي ترجع إلى قياس القوة **بالكيلو – الثّقل** والتنقل بواسطة المتر. والكيلو غرام متر الواحد هو العمل الذي ينتج عن كيلو غرام قوة (كغق) تتنقل نقطة ارتكازه بمتر في اتجاه القُوّة.

وهناك وحدات قياس أخرى وخاصّة منها **الجول** الذي يناسب عملاً منجزاً من قبل قوة نيوتن واحد يتنقّل بمتر واحد في اتجاهها.

وفي ميدان الفيزياء تكون القوة دائما هي المنتجة للعمل، فحين نقول : **إن** «البنّاء يرفع الآجر» أو أن «الساعي يحمل حقائب»، فالأمر يتعلق في الواقع بتركيز قوى عضلية على كل من الآجر والحقائب، وهذه القوى

إن كل الأنشطة التي نقوم بها في كل يوم هي من قبيل الأعمال بالمفهوم الفيزيائي للعمل، ومن ذلك الحركات الرياضية كرمي الاثقال (**الصورة أسفله**) والقفز العلوي (**الصورة جانبه**). ويتعلق الأمر بعمل العضلات والعظام والجسم بصفة عامة. وهذا العمل المنجز باستعمال القوّة ينتج طاقة.





هي التي تنتج العمل المنجز.
وهكذا نكون قد رأينا العمل من خلال القوة المركّزة والتنقّل المحصل عليه، دون النظر إلى الزمن المستغرق للقيام بذلك العمل. وهو مظهر هام بالنسبة إليه.
فإذا اعتبرنا الزمن اللازم لانجاز عمل ما فإننا نكون أمام مفهوم جديد ألا وهو **القدرة**.

القدرة

إن الأعمال المنجزة تتباين من حيث الزمن الذي يستغرقه انجازها. فبالامكان مثلاً رفع ثقل في خمس دقائق أو عشر دقائق دون أن تتغير نوعية العمل، إلاّ أن «المحرّك» الذي ينجز العمل في خمس دقائق يكون بطبيعة الحال أقوى من ذلك الذي يقوم بنفس العمل في عشر دقائق. فحين تقطع سيارتان نفس المسافة، وتكون إحداهما تجري بسرعة أكبر، فإنها تقطع المسافة في زمن أقل من الأخرى. ويحدث ذلك لأنه مع تساوي جميع العناصر الأخرى تختلف السيارتان من حيث قوة محركيهما. إذ يكون المحرك الأقوى لدى السيارة الاكثر سرعة والتي تقطع دائما نفس المسافة قبل السيارة ذات المحرك الأقل قوّة.

وهكذا **فالقدرة** هي العلاقة بين العمل والزّمن اللاّزم لانجازه، وذلك ما تعبر عنه القاعدة التالية :

$$د = \frac{ع}{ز}$$

حيث يرمز د إلى القدرة و ع إلى العمل وز إلى الزمن.

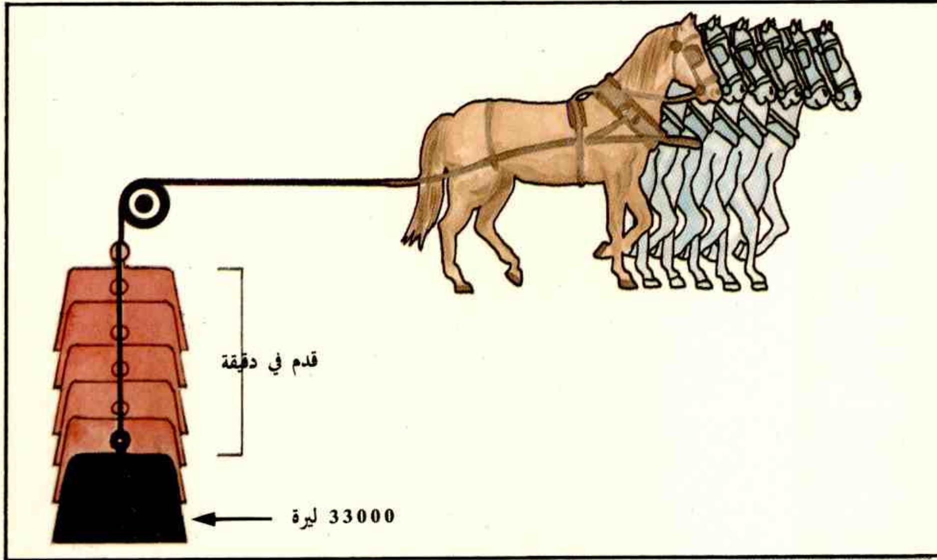
والوحدة المستعملة لقياس القدرة هي التي أوردها العالم الاسكتلندي جيمس واط وسماها **الحصان البخاريّ** وهي تناسب عمل 75 كغم/ث.
وغالبا ما تستعمل وحدة قياس أخرى تعتمد على الجول لقياس القوة وهذه الوحدة هي **الواط**، ويناسب الواط الواحد عمل جول واحد في الثانية (1 ج/ث) ومضاعفه هو الكيلو واط الذي يناسب 1000 واط.

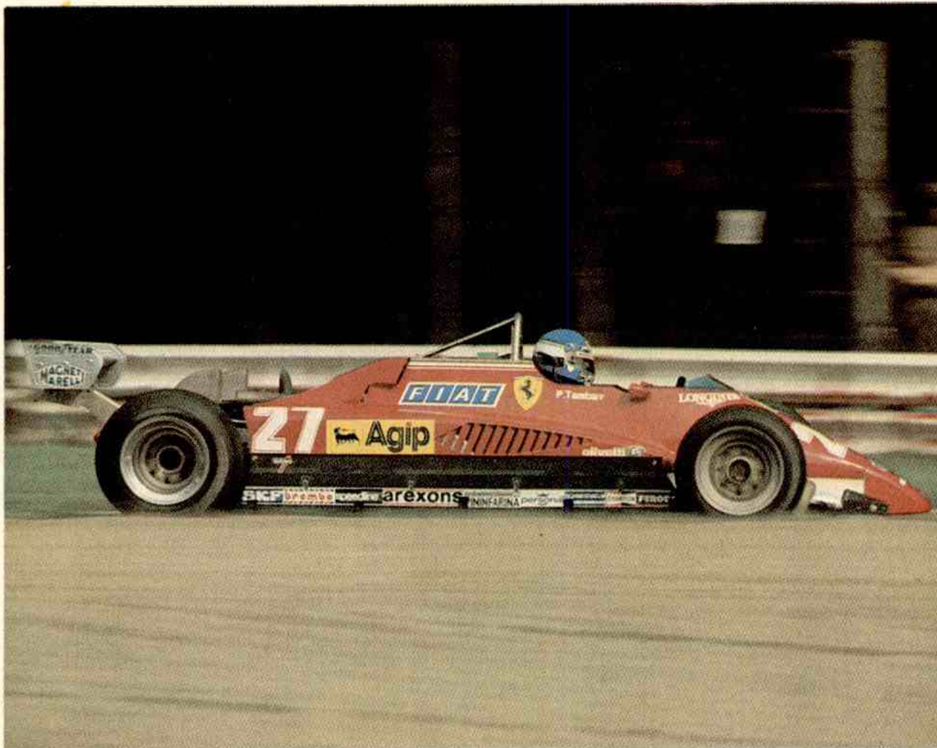
الطاقة

إن المفهوم الفيزيائي للطاقة من أهم العناصر العلمية المعروفة. وقد تجلّت أهميته سنة 1847 بفضل أعمال العالم الفيزيائي والرياضي هيلمهولتز الذي كان أول من **وضع قانون عام للطاقة. وتجدر الاشارة إلى أن لمفهوم** الطاقة ارتباط وثيق بمفهوم العمل الذي سبقت الاشارة اليه. ذلك أن أول تعريف للطاقة يمكن صياغته على النحو التالي : إن الطاقة هي قدرة جسم ما على انتاج عمل معين. ووحدة قياس الطاقة هي نفس الوحدة المعتمدة في قياس العمل.
وهناك عدة أنواع من الطاقات، ومن أهمها نوعان هما: **الطاقة الحركيّة والطاقة الكامنة**.

جيمس واط







في الرسم: تقاس القوة بالأحصنة البخارية. ويعادل الحصان البخاري القوة اللازمة لرفع حمل وزنه 450 كلغ على علو 10 أمتار في الدقيقة الواحدة.
في الصورة: سيارة سباق وينتج محرّكها قوة جدّ هائلة تبلغ حوالي 1000 حصان في الثانية.

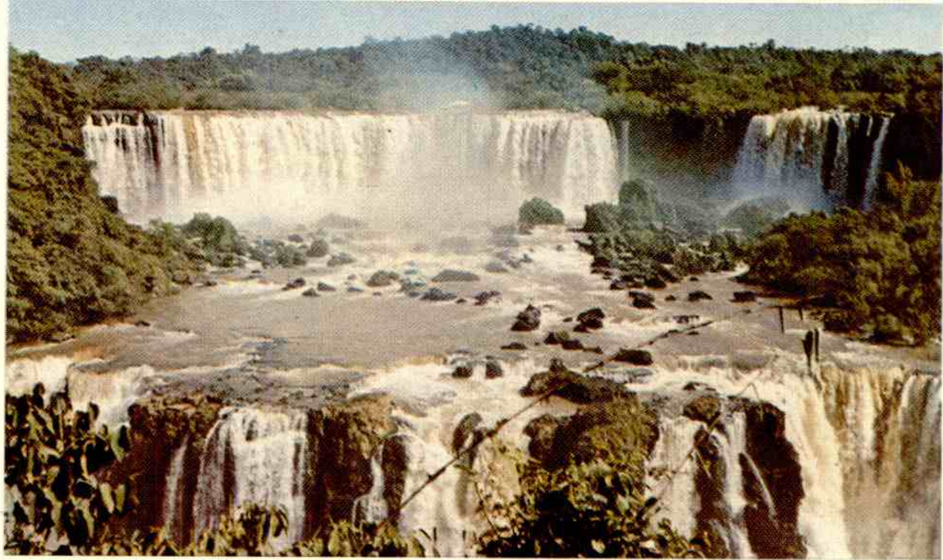
ماهي انواع الطاقة ؟

الطاقة الحركية : وهي الطاقة التي يشتمل عليها جسم متحرّك وتعبّر عنها القاعة التالية :

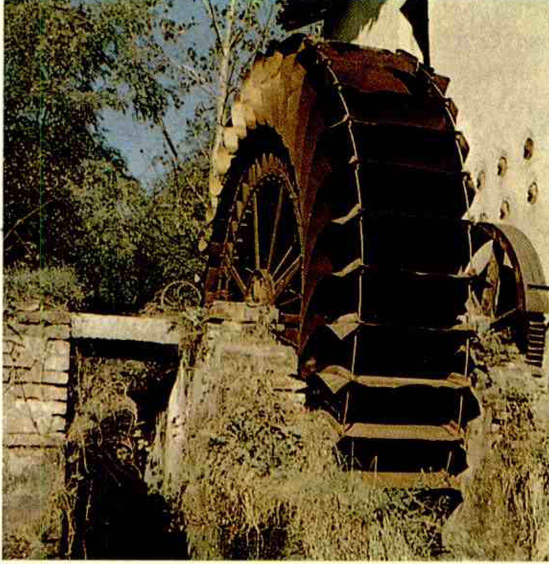
$$ط = \frac{2}{1} حر^2$$

، ومن الصعب تفسير كل المراحل التي تمر منها صياغة هذه القاعدة لان ذلك يتطلب دراية واسعة

الصورة 1 : حالة طاقة حركية تتمثل في قدرة المياه المتساقطة على تغيير الطبيعة بفعل قوة الحتّ التي تتوفر عليها.
الصورة 2 : نموذج آخر للطاقة الحركية لدى الرياضيين.
الصورة 3 : تبين مفهوم الطاقة الكامنة: فالعجلة الكبرى ذات الشفرات ساكنة، لكنها عندما تتعرض لتأثير الماء تتطوّر طاقتها بكيفية فعالة.
الصورة 4 : شكل من أشكال الطاقة الطبيعية وتحتوي عليه الشمي.



1



3



2



4



الصورة أعلاه: تعد الرياح من أشكال الطاقة الأكثر استعمالا في حياة الانسان. وتبين الصورة إحدى المنشآت الحديثة الخاصة باستغلال الطاقة الريحية حيث عوضت اجنحة القماش بألواح معدنية أكثر صلابة.

بالرياضيات والفيزياء، ولذلك سنكتفي بالتذكير بأن الطاقة الحركية لجسم ما هي نصف قوته المتحركة أي نصف حاصل ضرب كتلة الجسم في مربّع السرعة.

الطاقة الكامنة : من خلال ما سبق قد يعتقد البعض أن الأجسام المتحركة وحدها متوفّرة على طاقة، وهذا غير صحيح، ذلك أنه إذا اعتبرنا قوة لا يقوم **الطاقة،** على المسافة المقطوعة ولكن على الوضع الذي تتّخذه، فإن ذلك يعطينا فكرة عن الطاقة الكامنة. ولنا مثل في ماء حوض متّصل بمركز كهربائي. فماء الحوض يبقى قارّاً إلى أن يتمّ إنزاله إلى السافلة عبر قنوات واسعة تصبه في المركز حيث يحرّك عجلات مصحوبة برياش وشفرات. وعندما يحرك الماء هذه العجلات، ينتج عنها عمل، وفي هذه الحالة تكون متصلة بموَلّد يجعلها تنتج الطاقة الكهربائية.

وهكذا يمكن القول إن ماء الحوض يشتمل على طاقة كامنة تتقلص عند هبوطه نحو السافلة. ويستخلص من ذلك أن كل جسم ساكن يتوفّر على طاقة كامنة يحوّلها الى طاقة حركية عندما يبدأ في الحركة.

وليس لمفهوم الحركة الكامنة أيّة قيمة مطلقة، ومن الناحية الفيزيائية، تعطى كلّ الأهميّة لفارق الطاقة الكامنة بين نقطتين، لأن هذا الفارق وحده الذي يمكن تحويله إلى طاقة حركية.

وفكرة الطاقة الكامنة هي أيضاً فكرة نسبية، لأن في هذه الحالة كذلك تعطى الأهمية للتغيّر الطاقي وليس للطاقة في حدّ ذاتها، وفي هذا المجال، لابد من استحضار عبارة جيمس مكسويل الشهيرة : «ان القيمة المطلقة للطاقة في حالتها الطبيعية مجهولة، وحتى لو كانت معروفة، فإن ذلك لا يكتسي أية أهميّة لأن كلّ الظواهر مرهونة بتغيّرات الطاقة وليس بقيمتها المطلقة».

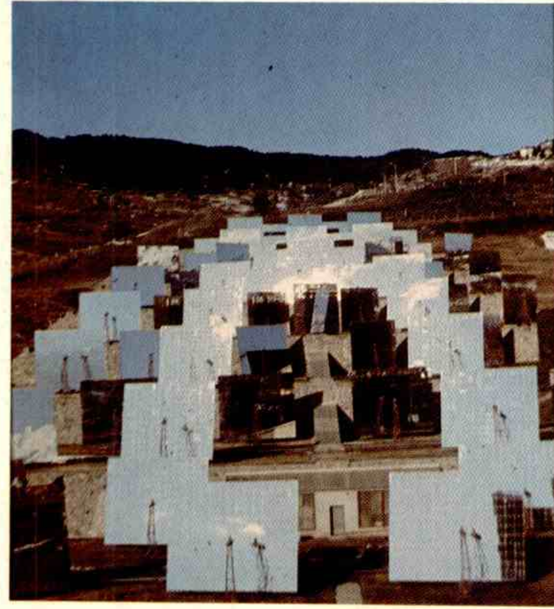


الصورة جانبه: توجد في باطن الأرض طاقة هائلة تتجلى أحيانا على شكل ظواهر وكوارث طبيعية كالزلازل والبراكين واليحاميم والدفاقات وغيرها. وكل هذه الظواهر تحتوي على طاقات بإمكان الانسان استغلالها لأغراض اقتصادية.

لماذا نحافظ على الطاقة ؟

المحافظة على الطاقة

سبق أن أشرنا إلى تحويل الطاقة الكامنة إلى طاقة حركيّة، وهناك أشكال طاقية أخرى كالطاقة الكيماوية والطاقة الحرارية والطاقة النوويّة تضاف إلى النوعين المذكورين سابقا، وبالامكان دائما تحويل نوع من الطاقة إلى نوع آخر. **فالطاقة الكهربائية التي تحوّل الالتّرام** تتحوّل إلى طاقة آلية، والطاقة الموجودة في جميع الأجسام الحيّة تصدر عن الطاقة الكيماوية التي تنتجها الموادّ الغذائيّة. وفي جميع هذه التحوّلات لا يحدث أي ضياع للطّاقة، وكثيراً ما لا ندرك نوعية التحّول الطارىء على الطاقة الأولى وذلك لقصور معرفتنا في هذا المجال أو لحدوث خطإ في التقييم.



إن قانون الاحتفاظ على الطاقة مفاده أنه لايمكن خلق أو ابادة الطاقة بقدر ما يتأتي تحويلها من صنف الى آخر. وذلك ما يقوم به الانسان عند التقاطه للطاقة الشمسية لتحويلها الى طاقة كهربائية في **الصورة أعلاه:** صفائح شمسية لالتقاط الطاقة الحرارية التي توفرها الشمس.

وقد عرفت القرون المتعاقبة اكتشاف أشكال طاقية جديدة، مثل الطاقة الكهربائية والطاقة النوويّة، وهناك أشكال أخرى من الممكن اكتشافها مستقبلا. وهكذا يمكن القول: إن هناك **قانونا للحفاظ على الطاقة**، يقول بعدم امكانية خلق أو إبادة الطاقة، ولكن فقط تحويلها من نوع إلى آخر دون أي ربح أو خسارة.

وقد مكّن هذا القانون من تسليط الأضواء على عدة أساليب معقّدة في الأنظمة البيولوجية وغيرها من الإشكاليات التي لم يفسرها قانون نيوتن على الرغم من كون هذا القانون ليس سهل الفهم او التقبّل.

ويمكن في هذا المجال الرجوع إلى قولة العالم الفيزيائي والرياضي هنري بوانكاري: «بما أنه لا يمكن اعطاء تعريف عامّ للطاقة، فإن مبدأ الحفاظ على الطاقة يعني فقط أن هناك شيئا ما يبقى قارّاً (في كل عملية فيزيائية)، إلاّ أنه مهما كانت المعلومات التي سوف توفرّها لنا التجارب المستقبليّة، فإننا نعلم مسبّقاً أن هناك دائما شيئا قارّاً يمكن تسميته **بالطاقة**».

بإمكان الطاقة الحركية التي ينوفّر عليها الماء إن تتحوّل الى طاقة كهربائية بفضل تجهيزات السدود. **في الصورة:** سد عبد الناصر الأكبر قرب أسوان بمصر.

الحرارة ودرجات الحرارة



درجات الحرارة

كيف تقاس الحرارة ؟

ماهي آلات قياس الحرارة ؟

من الطبيعي أن تكون التجارب الأولى حول درجة الحرارة قد قام بها الانسان في عصور ما قبل التاريخ وخاصّة عند اكتشافه للنار. التي لسعه لهيبها وأدفأته حرارتها **وتمكّن من نقلها إلى كهفه والسيطرة عليها في** آخر المطاف. غير أنه حتى في غياب النّار، كان الانسان القديم قادراً على الاحساس بالتغيّر الحراري بين النهار والليل إذ يكون الأوّل أدفأ من الثاني بفضل أشعة الشمس الساطعة. وهكذا يمكن القول بأن أول فكرة عن درجة الحرارة مرتبطة بمجموعة من الاحساسات أو ببعض التجارب اليومية البسيطة كطبخ الموادّ الغذائية أو احتراق بعض الأشياء.

وقد بقي الانسان مدّة طويلة عند هذا المستوى المعرفي حيث كانت كل افكاره ونظرياته حول درجة الحرارة **والحرارة تجريبية غامضة.وبعد سنة 1600**،بدأ البحث عن علاقة بين درجة الحرارة وتصرفات المادّة، و لم تظهر دراسات جادّة في هذا المضمار إلاّ في القرن التاسع عشر الميلادي حيث اهتم العلماء بالطبيعة الفيزيائية للحرارة. وكانت أوّل خطوة مهمّة تم تحقيقها هي الوصول إلى التقييم الكمّي للحرارة، أي قياس كلّ الاحساسات الصادرة عن ادراك الأشياء الدافئة والأشياء الباردة، والتي تعتبر احساسات فطرية لدى جميع الكائنات الحيّة، ولكنها ذاتيّة وترتبط بظواهر أخرى.

درجة الحرارة

منذ القرن الخامس عشر تم اختراع آلات لقياس الحالة الحرارية للأجسام بكيفية دقيقة، حيث تترجم درجة حرارتها إلى أعداد ثابتة. وكان وصف درجة الحرارة يتم بواسطة وصف ما تعكسه الآلة التي استعملت لقياسها.

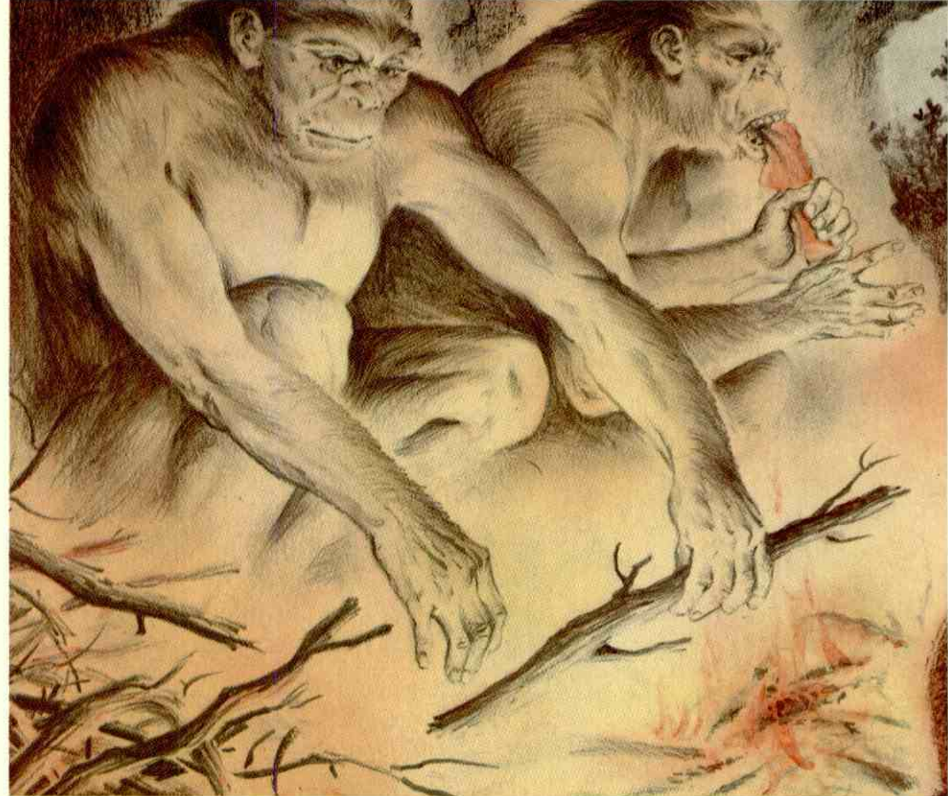
وقد سبقت الاشارة، عند الحديث عن المادة، إلى ما للأجسام من خصائص متعلقة بدرجة الحرارة، حيث رأينا أن كتلة الموائع كالسوائل والغازات تتضاعف عندما ترتفع درجة الحرارة وأنه في نفس الحالة تتغيّر مقاييس الأجسام الصلبة. وانطلاقا من هذه الخصائص تم صنع **المحرّات** أو **موازين الحرارة** التي تستعمل لقياس درجة الحرارة.

وتوجد أنواع متعددة من موازين الحرارة، وأشهرها هو مِحَرّ الزئبق. وهو مكوّن من أنبوب زجاجيّ دقيق مسدود عند أحد طرفيه وبطرف الآخر كرة صغيرة تحتوي على كميّة معينة من الزئبق. وتكون كتلة السائل الزئبقي وبالتالي ارتفاع عموده الصغير في الأنبوب الدقيق مرهونان بدرجة الحرارة التي يتم التعّرف عليها بواسطة سلّم للقياس.

وأهمّ سلاليم القياس المعروفة كالتالي :

سلّم سلسيون أو المئويّ، وهو يحمل اسم العالم

لقد عرفت البشرية منذ القدم الحرارة ودرجاتها وقد غير اكتشاف النار والسيطرة عليها حياة الانسان؛ كما أن هذا الأخير قد أدرك بسرعة الفرق بين البرد والحرارة وبين الليل والنهار. ولذلك يمكن القول بأن أول فكرة عن درجات الحرارة مرتبطة بمجموعة من الاحساسات لدى الانسان وبتجارب يومية كطهو المواد الغذائية واحراق الخشب مثلا.



الذي اخترعه، ويتخذ كنقطتي استدلال درجة حرارة الجليد الذّائب والماء الفائر. وقد اتفق على اعطاء قيمة الصفر إلى النقطة الأولى وقيمة مائة إلى النقطة الثانية وتكتبان على النحو التالي : 0°م و100°م (صفر درجة مئوية ومائة درجة مئوية) كما تمّ تقسيم المجال الموجود بين الصفر والمائة إلى اجزاء متساوية يناسب الفاصل بين كل جزئين منها تغيّر درجة الحرارة بدرجة مئويّة واحدة. وبطبيعة الحال فبإمكان السلّم أن يزيد فوق المائة درجة وتحت درجة الصفر.

تختلف المحرات (أو موازين الحرارة) باختلاف مناهج القياس: فهناك سلّم سيلسيوس Celsius وسلّم ريامور Reamur وسلم فارهانيت Farheneit. **في الصورة** بعض المحرّات.

الرسم جانبه: أ: محرّ (ترمومتر) النهاية القصوى والدنيا: فمن خلال نظام لضغط الكحول الموجود في ر و ب (حيث يوجد الكحول الى جانب الهواء) مع الزئبق الموجود في الجزء الأسفل في الجهاز، يمكن وضع درجات الحرارة القصوى والدنيا الممكنة.

ب: محرّ طبي، ويستعمل لمعرفة درجة حرارة جسم الانسان بدقة 0،1 درجة مئوية. فحرارة الجسم تمطّط الزئبق الذي يصعد على طول الانبوب المرقّم، وهناك تقلص في الأنبوب (ب) يحول دون تجاوز الزئبق تلقائيا الأنبوب لدى رجوعه ولذلك يجب إثارة هبوط الزئبق بالقوة.

سلّم ريومور، ونقطتا استدلاله هما صفر درجة بالنسبة للجليد الذائب وثمانين درجة بالنسبة للماء الفائر. وهو مقسّم إلى ثمانين جزءاً متساوية يناسب كل جزء منها درجة ريومور واحدة، وهذا السلّم متداول بالخصوص في كلّ من فرنسا وسويسرا وبلجيكا.

سلّم فارانهيت، وتعطى فيه للجليد الذائب قيمة 32 درجة فارانهيت وللماء الفائر 212 درجة فارانهيت، وهو مستعمل في البلدان الأنجلوسكسونية.

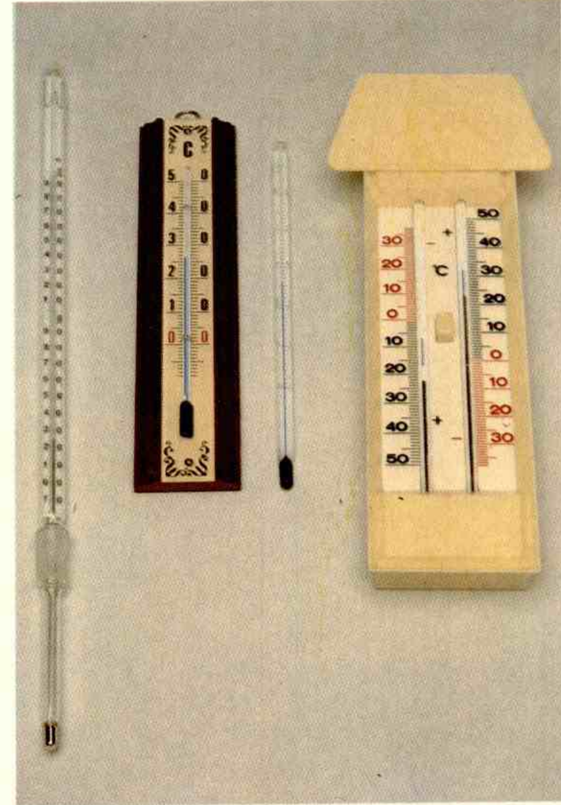
ويمكن الانتقال من سلّم إلى آخر اعتماداً على النسبة التالية :

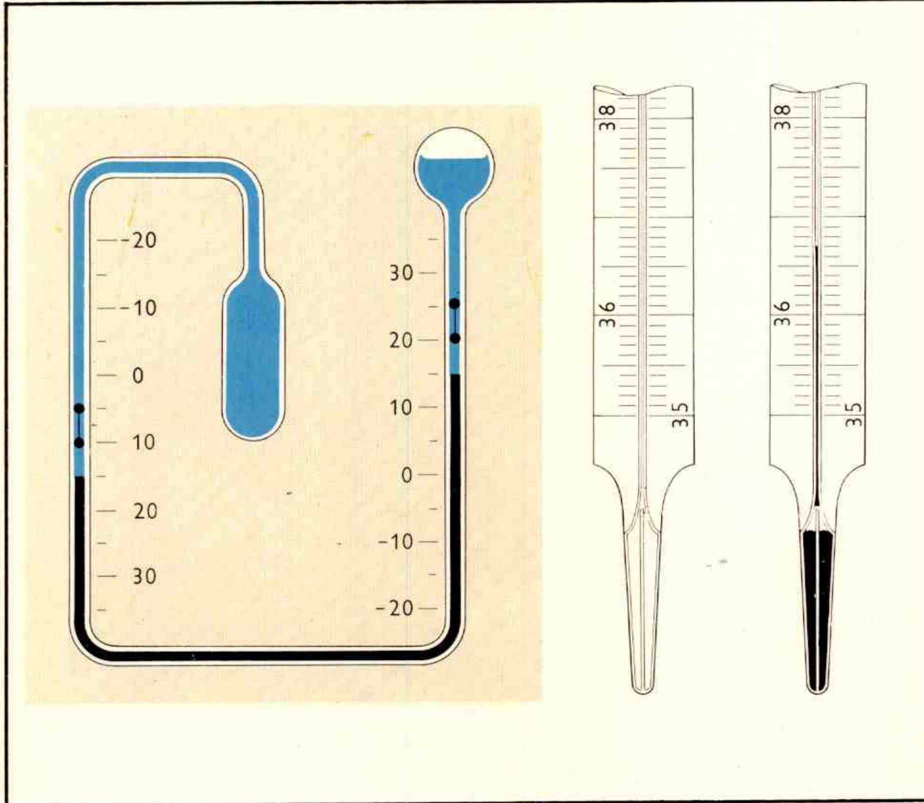
$$\frac{س}{100} = \frac{ر}{80} = \frac{ف - 32}{180}$$

حيث تُعتبر «س» و«ر» و«ف» قيماً لنفس درجة الحرارة في السلاليم الثلاثة المذكورة، أي سلاليم سلسيوس وريمور وفارانهيت.

وفي هذه السلاليم الثلاثة تكون درجات الحرارة الواقعة تحت الصفر مسبوقة بعلامة ناقص (−)، وهناك أنواع أخرى من المحرّات تستعمل لقياس درجات الحرارة البالغة الارتفاع أو الشديدة الانخفاض وهي تختلف عن المحرّات العادية من حيث شكلها وطريقة عملها واستعمالها.

كيف يعمل المحرّ ؟





لماذا تتخلل الفواصل السكة الحديدية ؟

التمــدّد

سبق أن رأينا أن تغيّر درجة الحرارة يثير تغييراً في شكل وحجم الأشياء. فإرتفاع درجة حرارة جسم صلب يسبّب زيادة في حجمه ومقاييسه بينما يقتصر ارتفاع درجة حرارة غاز ما على الزيادة في كتلته فقط، **إلا أنه يمكن القول :إن جميع الموادّ قابلة للتمدّد بفعل تغيُّر** درجة حرارتها. ولكل مادّة **معاملا للتمدّد** يمكّن من معرفة **مسبقة مدى** زيادة كتلتها بالنسبة لارتفاع درجة الحرارة.

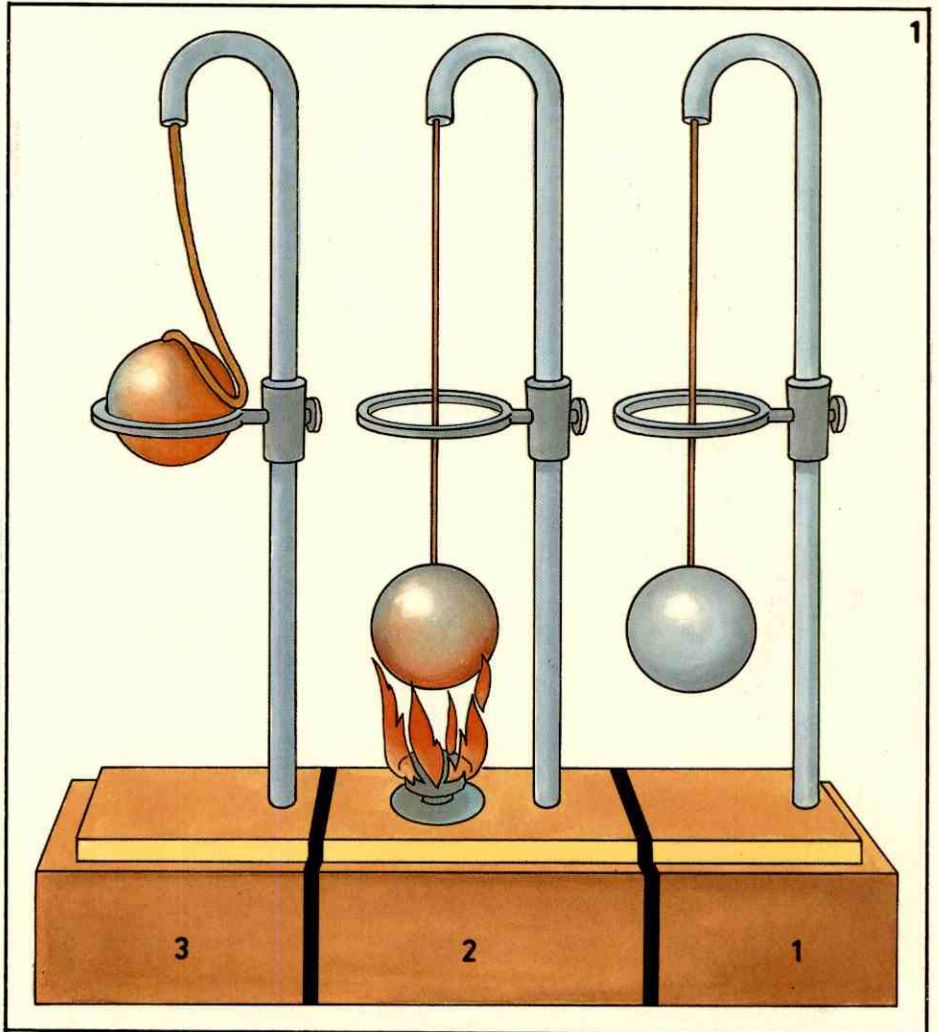
ومن الأهمية بمكان معرفة معامل تمدّد المَوادّ التي نستعملها يوميّاً، لكي نتفادى العواقب الخطيرة أو الحوادث التي قد تنجم عن تمدّدها. فإذا قمنا مثلا بمعاينة خطوط السّكة الحديدية، سنلاحظ أن نقط التقائها ليست متصلة تماما فيما بينها وذلك لكي يبقى بينها ما يلزمها من المجال للتمَدّد عندما ترتفع درجة الحرارة.

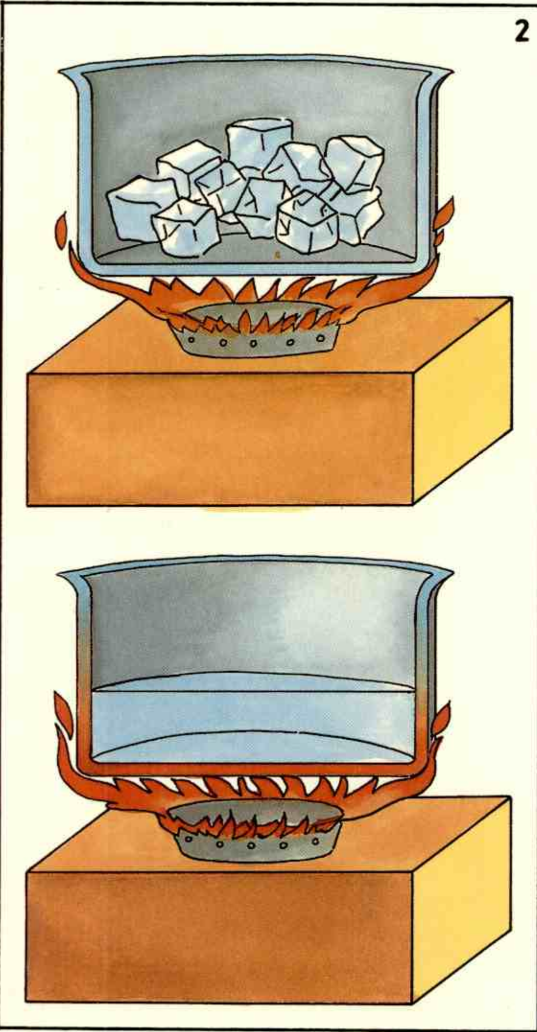
وهناك حالة خاصّة في هذا المضمار وتتمثل في الأشياء المصنوعة من موادّ متفاوتة من حيث معامل تمدّدها. فعندما ترتفع درجة الحرارة يحدث انعقاف الشيء من جانب المادة الأقل تمدّدا عوض استطالته.

ويمثل الماء حالة استثنائية هامة. فردّ فعله إزاء تغيرات درجة الحرارة مختلف عن ردود فعل الموادّ الأخرى. وقد رأينا أمثلة خاصة بالماء في مثل هذه الحالات بمناسبة الحديث عن انتقال الماء من حالة إلى أخرى وكذلك عن الحياة في أعماق بحيرات وبحار المناطق الباردة. ونذكّر كذلك بأن كتلة الماء تتقلّص ما بين صفر درجة مئوية وأربع درجات مئويّة، كما تتمدّد عند مستوى أربع درجات مئويّة، على غرار السوائل الأخرى.

كل الأجسام المسخّنة تصاب بزيادة في حجمها، ويمكن القيام بالتجربة المبيّنة **في الرسم 1**: فلنأخذ قضيب دعامة وسلسلة وحلقة معدنية وكريّة معدنية. يجب أن تكون الحلقة أكبر من الكريّة بما يكفي فقط لتمرير هذه الأخيرة وسطها. فاذا قمنا بتسخين الكرية فسوف تتمدّد ولن تمر من وسط الحلقة لان حجمها قد تضاعف.

الرسم 2: إن الماء هو السائل الوحيد الذي ينفرد عن غيره من المواد من حيث تأثّره بتغيّرات درجة الحرارة: فما بين صفر (0) درجة مئوية وأربع درجات مئوية، يتقلص حجمه، أي أنه رغم انتقاله من درجة دنيا (كصفر درجة مئوية) الى درجة أعلى (4 درجات مئوية) لا يتغير حجمه.





الحرارة

في العصور القديمة ،كانت فكرة الحرارة مرتبطة بفكرة النار التي كانت تعتبر من العناصر الأساسية الأربعة، إلى جانب كل من التراب والماء والهواء. وخلال القرن الخامس قبل الميلاد بدأ الفيلسوف الاغريقي أفلاطون في التمييز بين فكرة الحرارة وفكرة النار. إلا أن أفكاره بقيت مجرّد ملاحظات لم تتمخض عن نتائج ملموسة إلاّ بعد عدّة قرون. ففي القرن الثامن عشر، مع انجازات الثورة الصناعية بدأ العلماء يتساءلون عن ماهية الحرارة لأن مفهومها وحده لم يكن كافياً للاجابة عن العديد من التساؤلات التي بقيت معلّقة في حقل الابحاث العلمية آنذاك.

ومن خلال معلومات ومعارف ذلك العهد كانت هناك ثلاثة أسئلة معلقة دون إجابة وهي كالتالي :

1) ماذا يحدث عندما يتّصل جسمان مختلفان من حيث درجة الحرارة ويتوصلان إلى توازن حراري؟

2) ماذا يضيع من جسم ما أو ماذا يختزنه عندما ترتفع درجة حرارته أو تنخفض؟

3)لماذا تبقى درجة الحرارة قارّة خلال تغيّرات الحالة؟

ومن الناحية التطبيقيّة كانت المعلومات التقنيّة والأساليب الصناعية الجديدة آنذاك تمكّن من تسجيل عدد من الظواهر التي كان من الصعب تفسيرها بطريقة علمية.

وقد تم انجاز تقدم علميّ هائل على يد الانجليزي بلاك (BLACK) وهو طبيب انشغل كثيراً بالفيزياء والرياضيات، فقد لاحظ بعد عدة تجارب أن كمية الحرارة الضروريّة لرفع درجة حرارة كتلة ما في فاصل زمني محدّد تتغيّر حسب طبيعة المادّة المعنية بالأمر. فمثلاً إذا وضعنا قدراً نحاسيا فارغا على النار، فسوف يدفأ في زمن أقصر من الزمن الذي يستغرقه تسخينه وهو مليء بالماء. وهكذا أورد بلاك مفهوم **القدرة الحرارية** الخاصّة بكل مادّة. كما لاحظ أن الثلج والجليد يستغرقان مدّة زمنية معيّنة للانتقال من الحالة الصلبة إلى السائلة، فسجّل أن «الحراريّ» (وهي التسمية التي كانت تطلق على هذا المقياس الذي كان مجهولا آنذاك) لا يظهر مع تغير

لماذا تعتبر الحرارة طاقة ؟





يرتبط مفهوم الحرارة أساسا بالشمس والتسخين المنزلي وبالطبخ الذي غيّر مجرى حياة الانسان في العصر الحجري القديم. وفي العصر الراهن أصبح الطهو عملية جدّ سهلة بفضل آلات الطبخ الحديثة والمتطورة كالطناجر المصنوعة من زجاج الوقاية **(الصورة أعلاه)** التي تتيح انتشارا حراريا ملائما وطناجر الضغط **(الصورة جانبه)** التي تحتفظ بالحرارة كاملة لتستغل في تسريع الطبخ.

سادي كارنو S.CARNOT (1796 – 1832) ويعتبر رائد الديناميكا الحرارية وهو واضع مبدأ المحافظة على الطاقة.



حراريّ، ولكن مع تغيّر حالة انضمام المادة. وكان أوّل من استعمل مفهوم «الحرارة الكامنة» الذي مازال متداولا في الوقت الراهن.

وفي سنة 1840، توصّل العلماء إلى تعريف الحرارة بكونها شكلا من أشكال الطاقة، وذلك بفضل دراسات وأبحاث كل من جول وكلواسيوس وكارنوت. وقد ازداد كارنوت بباريس سنة 1796 وكان أبوه مهندساً عسكرياً، ورغم وفاته وعمره لا يتجاوز ستّا وثلاثين سنة، فهو يعتبر رائد الحرارة الديناميكية. وقد قام بدراسة أولى الآلات البخارية المصنوعة في انجلترا، وذلك قصد تطويرها وجعلها اكثر فعالية في الميدان الصناعي. ولم تكن نظرياته حول مردودية الآلات مفهومة من قِبَل معاصريه ولكنها لقيت نجاحا كبيراً بعد وفاته وخاصة بعد أن قام كل من كلوسيوس وكيلفين بتطبيقها ونشرها.

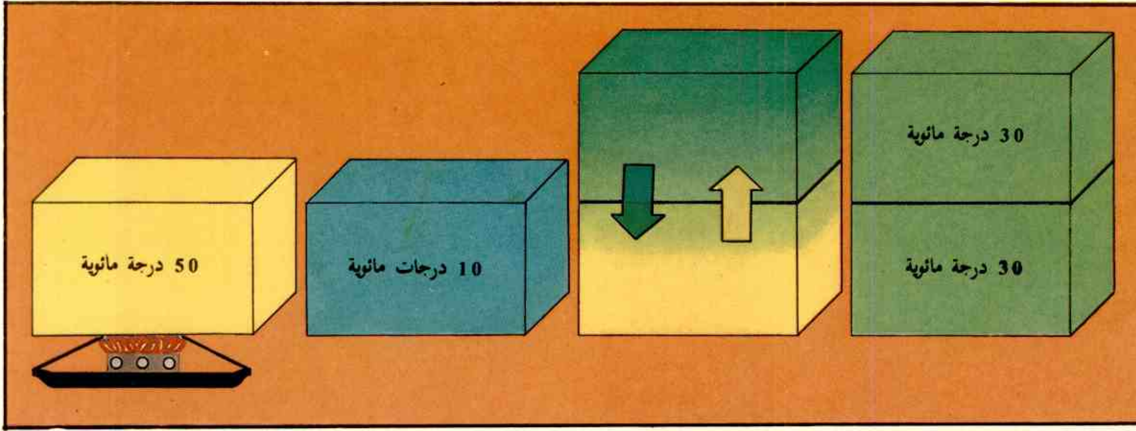
قياس الحرارة

قبل كل شيء، لابد من التذكير أولاً بمبدإ الصفر (0) الخاص بالحرارة الديناميكية والذي يمكن صياغته كالآتي : إذا تم اتّصال جسمين، «أ» و«ب»، مختلفين من

في الهامش: عند تسخين الماء أو أي سائل آخر في قنينة مغلقة بسدادة، ينتج داخلها غاز التبخر الذي حين يتمطّط تدريجيا، يسلط ضغطا على السدادة فيقذف بها خارج القنينة.

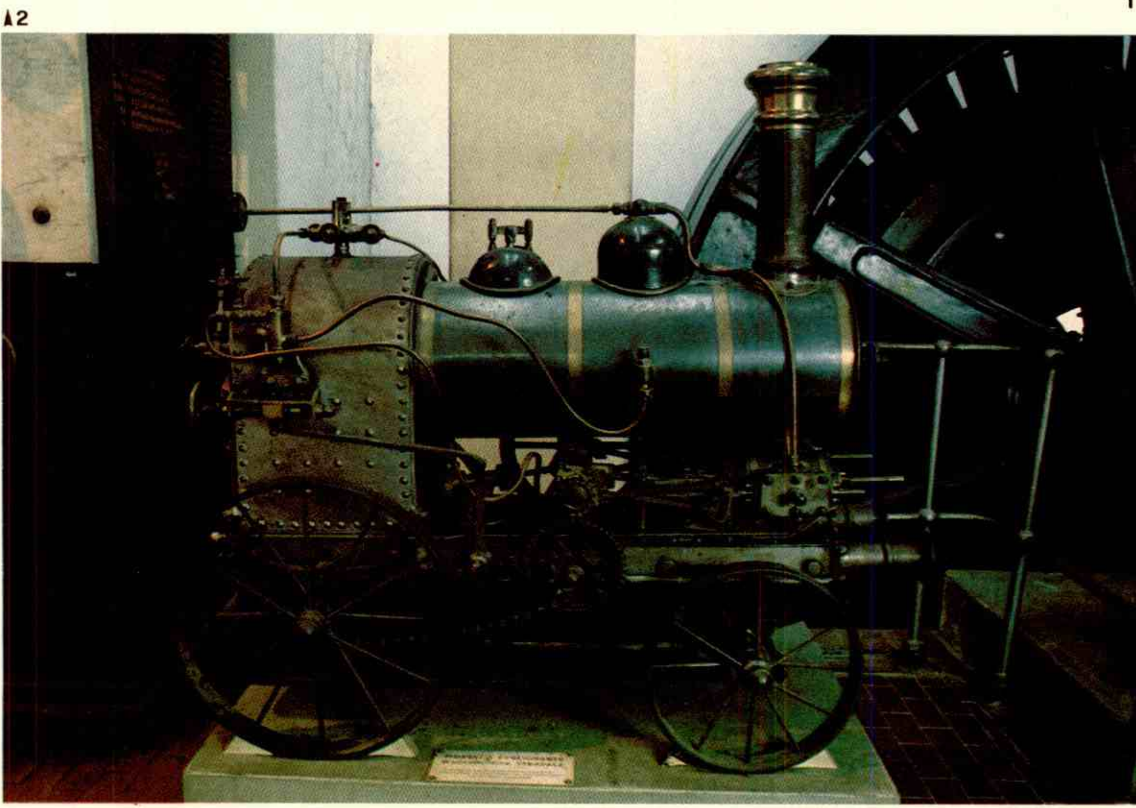
الرسم 1: التبادل الحراري: عند تماس جسمين مختلفي الحرارة فانهما يتبادلان الحرارة الى أن يسخن الجسم البارد ويبرد الجسم الساخن ويصلان الى نفس درجة الحرارة المتوسطة.

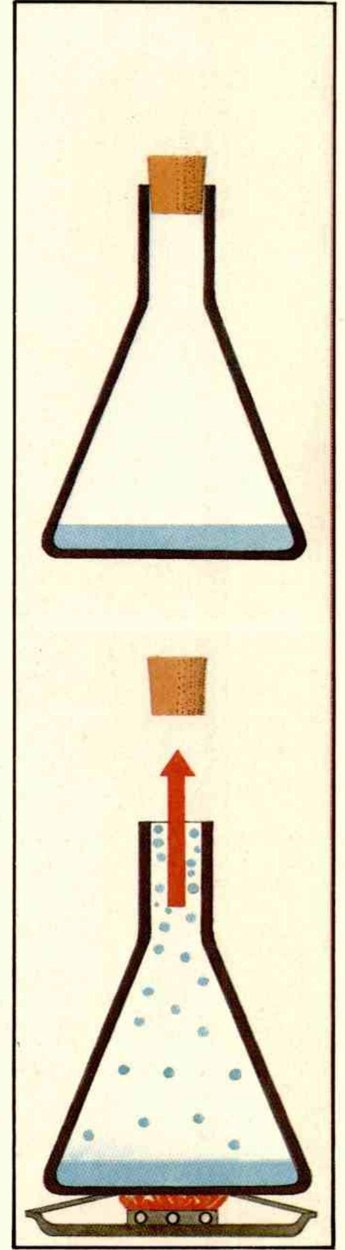
الصورة 2: قاطرة بخارية تستغل مبدأ التمدّد الحراري.



1

2





حيث درجة الحرارة، «ح أ» و «ح ب»، سوف نلاحظ أنه بعد مدة زمنيّة تصبح درجة حرارتهما متماثلة، وهي تقع بين «ح أ» و«ح ب»، وهذا يدُلّ على حدوث انخفاض في درجة حرارة الجسم الأكثر حرارة وزيادة في درجة حرارة الجسم الأقل حرارة. وقد تمّ تبادل كمية حرارية بين الجسمين، يمكن قياسها بالمحرّ أو الكَلُوريمتر.

ويعدّ محرّ بينسين BENSEN أشهر جهاز لقياس كمية الحرارة، وهو يعتمد على الظاهرة التالية : إن اتصال جسم ساخن بجليد من صفر درجة مئويّة، يخفّض من درجة حرارته، وفي نفس الوقت، يذوب الجليد ويتحول إلى ماء دون أن يحدث تغيير في درجة حرارته. ولقياس كمية حرارية «ك» تستعمل وحدة تسمى **بالوحدة الحرارية**، وهي كمية الحرارة المتولّدة عن غرام واحد من الماء عند قياس درجة حرارته بالمحَرّ، وذلك إذا كانت درجة تتراوح ما بين 15،5 درجة مئوية و14،5 درجة مئويّة.

الحرارة والطاقة

إن السيارة التي نعاينها وهي تسير بسرعة ثم تتوقف فجأة تجعلنا ندرك حدوث انخفاض في طاقتها الحركيّة، كما سنلاحظ أن كلاّ من فراملها وعجلاتها وكذلك الأرضية التي تسير عليها قد أصابها التّسخين. ويمكن القيام بعدة تجارب أخرى لنلاحظ دائما عند ضياع طاقة آلية تسخيناً للجسم أو النظام وهكذا يمكن تعميم مبدإ الحفاظ على الطاقة بالتسليم بأن الحرارة بدورها شكل من أشكال الطاقة.

وفيما يلي بعض المعطيات التي سوف نستعملها للبرهنة على أن الحرارة شكل من أشكال الطاقة :

1) نرمز بحرف «ك» إلى كمية الحرارة التي يتبادلها جسم ما مع محرّ.

2) ونرمز بحرف «ع» الى العمل الذي ينجز على ذلك الجسم.

3) وسوف نتذكّر أن جزيئات جسم ما دائمة الحركة وأنها تتوفّر على طاقة حركيّة ذات علاقة حتميّة

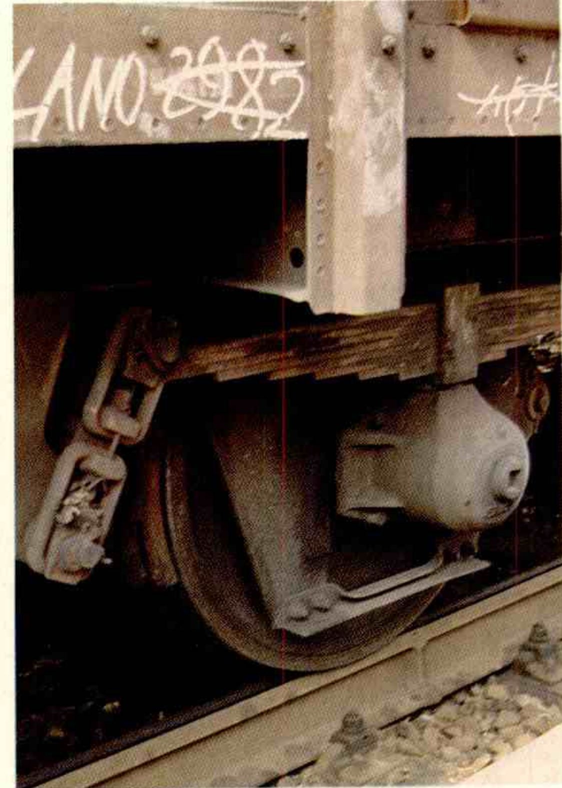
ماهي وحدة قياس الحرارة ؟

لماذا تنشأ الحرارة عن بعض الأعمال ؟

الرسم أسفله: تثير العجلة الآلية للقطار حرارة شديدة على السكة الحديدية بفعل الاحتكاك بين معدنين.

الصورة جانبه: لقد لاحظ الانسان القديم أن دعك قضيب خشبي مع قطعة من نفس المادة يثير حرارة تولد النار بوقوعها على مادة مشتعلة كالأوراق اليابسة. وهكذا تمكن من اشعال النار. وتتولد الحرارة دائما عن احتكاك جسمين صلبين وتتفاوت درجاتها حسب مدة الاحتكاك وطبيعة المواد المدعوكة.





كيف تقاس الحرارة المنبثقة عن عمل ؟

مع درجة الحرارة، حيث ترتفع درجة الحرارة بالزيادة في الطاقة الحركية للجزيئات. وتسمى هذه الحركة **بالرّجّ الجزيئي**، كما نتذكّر أن كل جسم يحتوى كذلك على الطاقة الكامنة وعلى الطاقة التي تتوفر عليها الذرات المكوّنة للجزيئات. ومجموع هذه الطاقات كلها يعرف بـ«**الطاقة الباطنيّة**» التي يرمز إليها بحرف «و»، وهي مرهونة فقط بالظروف التي يوجد فيها الجسم المعني بالأمر.

كيف يتم انتقال الحرارة من جسم لآخر ؟

ومن خلال العديد من من التجارب أمكنت البرهنة على أنه في التحولات التي يتعرض لها جسم ما والتي تنتهي إلى بقاء الطاقة الباطنية محتفظة بنفس قيمتها البدائية، هناك علاقة قارة بين العمل المنجز (ع) وكمية الحرارة المنتجة (ك)، أي

$$\frac{ك}{ع} = ي$$

تعتبر الثابتة (ث) معادلة آلية للوحدة الحرارية .

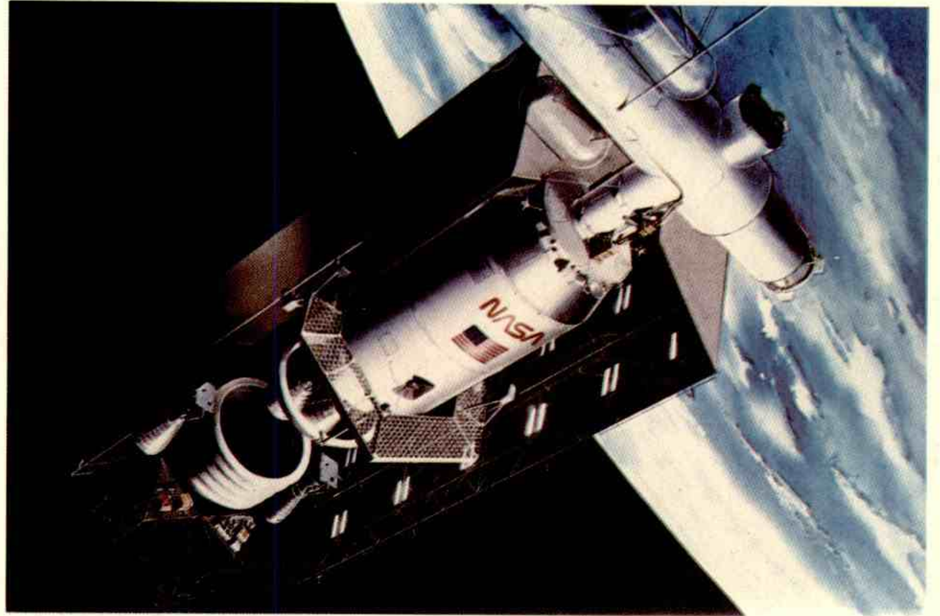
امتداد الحرارة

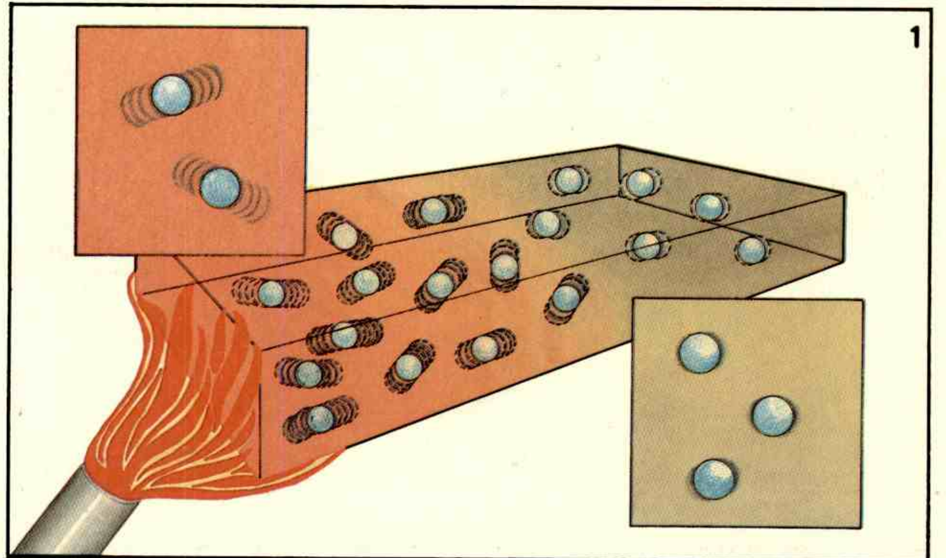
إن انتقال الحرارة من جسم إلى آخر يتم حسب ثلاث طرق مختلفة وهي **التوصيل والحمل والتشعّع**.

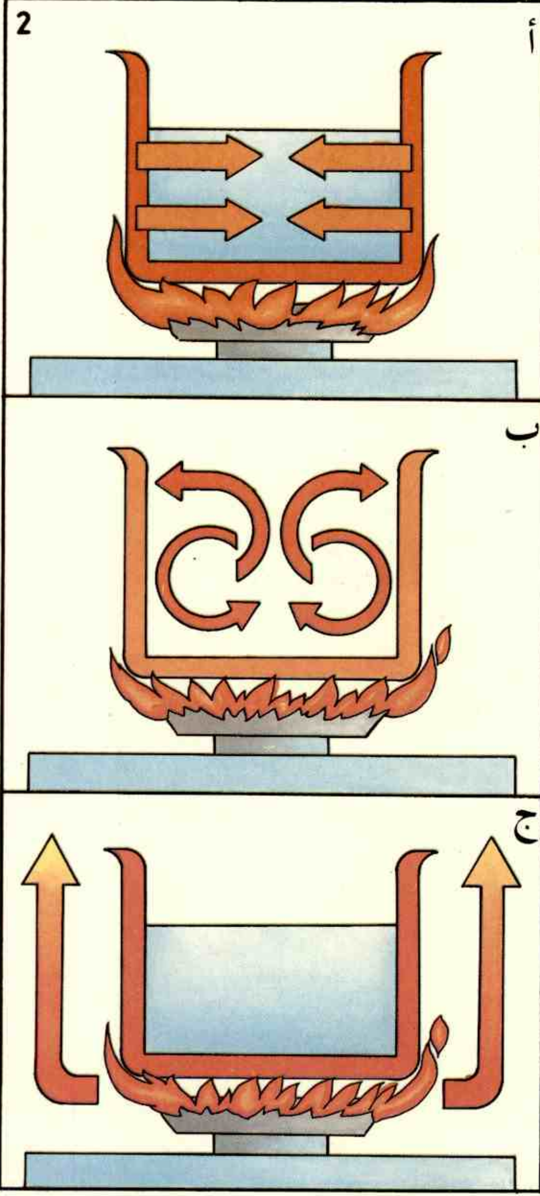
الرسم 1: لهيب مسلط على طرف قضيب معدني، وهو بذلك ينقل الطاقة الحرارية الى ذرات المعدن التي تشرع في الاهتزاز حول أوضاعها العادية. وتؤدي كل زيادة في الاهتزاز الى اصطدامات مع الذرات المجاورة بحيث تنتقل الطاقة الى هذه الأخيرة مثيرة نفس الاهتزاز. وفي الاخير تنتقل الطاقة الحرارية من طرف الى آخر الى أن يصبح الطرفان على نفس درجة الحرارة.

الرسم 2: عندما نسخّن قدرا مليئا بالماء يمكن التأكد من انتشار الحرارة بأساليب مختلفة ثلاثة: أ. الانتقال من خلال جدران القدر، ب. الحمل في الماء، ج. الاشعاع بالنار ذاتها.

في الصورة: قمر صناعي يعمل بالطاقة الحرارية.







التوصيل : يتم هذا النوع من الامتداد حين تنتقل الحرارة من طبقة أكثر حرارة إلى طبقة أكثر برودة مجاورة لها مباشرة. ويحصل هذا الانتقال دون تنقّل المادّة ويمكن القيام بهذه التجربة بسهولة. فلنأخذ قضيبا حديديّا ونصل أحد طرفيه بمصدر حراري؛ سنلاحظ بعد مرور بضع دقائق أن الطرف الثاني قد أصبح ساخنا بدوره.

ولكل الموادّ قابلية متفاوتة الشدة لنقل الحرارة إلى باطنها. وتعرف هذه الخاصية **بالتوصيليّة** وهي تختلف من مادة إلى أخرى. وهناك **موَصّلات جيدة** كالمعادن في حالتها الصلبة، وهناك **موصّلات رديئة** ومنها الزجاج مثلاً، ومن بين الموَصّلات الرديئة هناك موادّ غاية في الأهميّة وتعرف **بالعازلة** وهي تمنع مرور الحرارة، ومن هذه الموادّ نذكر الخشب، ولذلك عادة ما تكون الملاعق المستعملة في الطبخ من الخشب لكي توضع في القدور الساخنة دون أن تنقل الحرارة وحرق من يستعملها.

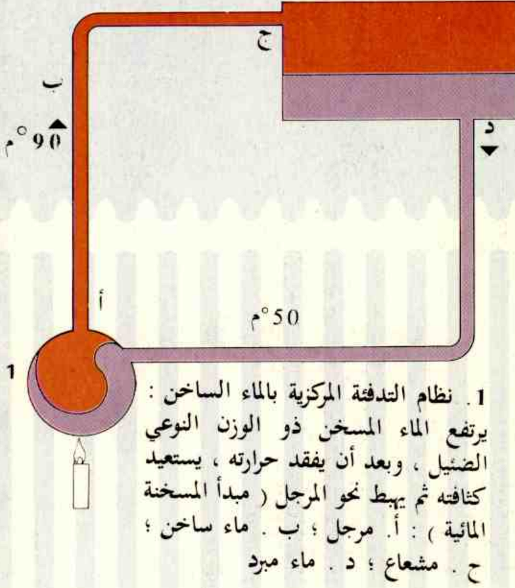
الحمْل الحراريّ : وهو شكل من أشكال الامتداد الخاص بالموائع كالغازات والسوائل، وهو يتمّ مع تنقل كتل المادّة الواحدة نتيجة اختلافات الكثافة الحاصلة بين مختلف اجزاء المادة بسبب التفاوت في درجات الحرارة. فماء القدر يسَخّن عن طريق الحمل الحراري، ويمكن معاينة حركة غليانه التي لا تظهر في البداية ولكنها تتطوّر تدريجيّا كلّما ارتفعت درجة الحرارة.

والتجهيزات الانبوبية المعدّة للتدفئة المركزية تقوم على مبدإ الحمل الحراري.

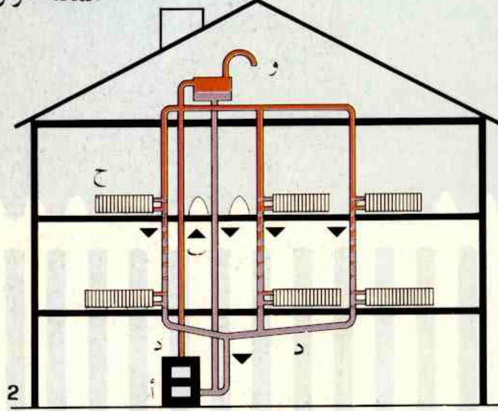
التشعّع : وهو الامتداد الحرّاري الذي يتم دون اتصال بين الاجسام ودون تنقّل المادّة.

ويمكن أن يحصل التشعّع كذلك في الفراغ كما هو الشأن بالنسبة للحرارة الشمسيّة. وكذلك بالنسبة للمشعاعات الكهربائية المستعملة للتدفئة المنزلية.

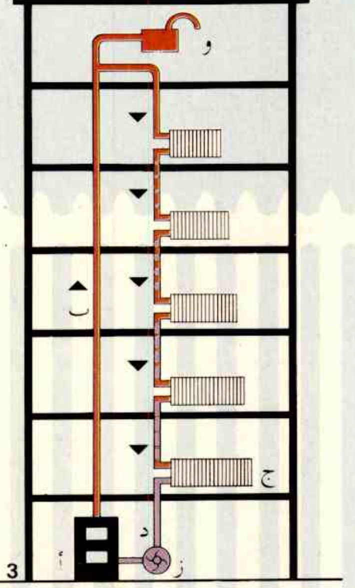
لماذا لا تنقل بعض الأجسام الحرارة ؟



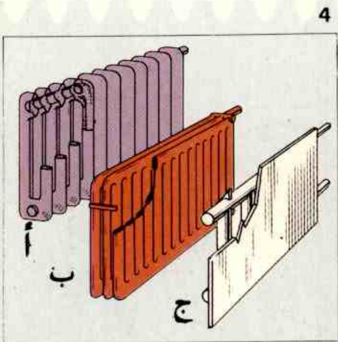
1. **نظام التدفئة المركزية بالماء الساخن : يرتفع الماء المسخن ذو الوزن النوعي الضئيل ، وبعد أن يفقد حرارته ، يستعيد كثافته ثم يهبط نحو المرجل (مبدأ المسخنة المائية) : أ. مرجل ؛ ب. ماء ساخن ؛ ج. مشعاع ؛ د. ماء مبرد**

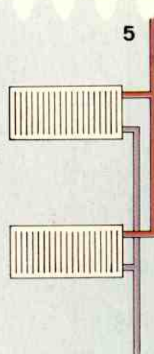


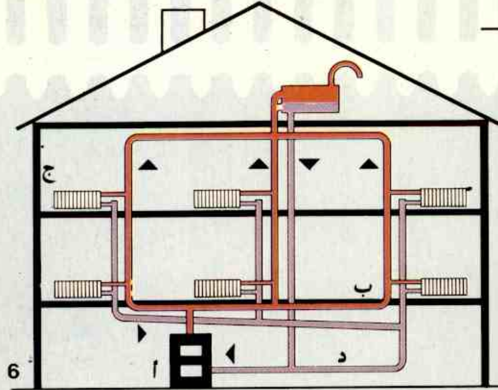
2. رسم بياني لتدفئة مركزية بالماء، حيث ترتبط مجموعة مشاعيع الطابق الأول مع مجموعة الطابق الثاني بنظام قنوات . وهناك وعاء للتمديد (ه) وقناة لتفريغ الهواء (و) .

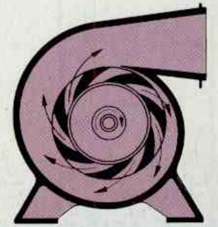


3. في البنايات العالية ، تنجز دورة الماء بواسطة مضخة (ز) تدرج أحيانا ضمن دارة الماء الساخن . ويمكن موازاة مجموعة مختلفة من المشاعيع المرتبطة في بينها كما يمكن وصل كل مشعاع من كل مجموعة بموازاة مع الآخرين .









4. هناك أنواع كثيرة من المشاعيع ، فمنها المشعاع الحلقي المكون من حلقات (أ) والمشعاع ذو الصفائح المكونة من علب مسطحة من المطيلة الفولاذية (ب) والمشعاع ذو الألواح المسطحة التي توجد خلفها أنابيب التسخين (ج) .
5. في الجهاز ذي التقنية المزدوجة توصل المشاعيع ببعضها متوازية ، لكي يتم توزيع الحرارة بشكل منتظم .
6. جهاز ثنائي التوزيع والتقنية .

المبدأ الأول للديناميكا الحرارية

إن ما ذكرناه في الفقرة السابقة ليس صحيحا إلا في الحالة التي يحتفظ فيها الجسم أو النظام عند نهاية التحوّل، بنفس الطاقة الباطنية التي يتوفّران عليها في البداية. وإذا لم يحدث ذلك، فيجب العمل **بالمبدإ الأول للديناميكا الحرارية** وهو كالآتي

«إذا قام جسم ما بامتصاص كمية معينة من الحرارة، ك، فإن هذه الأخيرة تستعمل جزئيا للزيادة في الطاقة الباطنية وجزئياً لانجاز عمل خارجي. وذلك حسب القاعِدة :

ي ك = ع + و2 − و1

حيث يمثل «و1» و«و2» على التوالي الطاقة الباطنية عند بداية وانتهاء التحوّل».

ويفترض المبدأ الأول للديناميكا الحراريّة أنه بالامكان دائما تحويل عمل إلى حرارة وحرارة إلى عمل، الا أن ذلك لا يحدث في الواقع لأن هذا التحوّيل لا يتأتّى إلاّ في ظروف جدّ محدّدة، فمثلاً إذا قمنا بوضع جسم ساخن، أ، على جسم ب، سوف نلاحظ أن هذا الأخير لايتحرّك لأن الحرارة التي ينقلها أ إلى ب لا تتحوّل إلى عمل كفيل بتحريك ب.

وإذا كان المبدأ الأول قابلاً للتطبيق فإنه لن تكون هناك حدود لاستغلال المخزونات الحرارية الهائلة التي تتوفّر عليها الأرض، ولكن ذلك لا يحدث في الواقع.

والحدود التي تقف في وجه تحويل الحرارة إلى عمل تندرج ضمن المبدإ الثاني للديناميكا الحرارية.

المبدأ الثاني للديناميكا الحراريّة

يرى هذا المبدأ أنه «من الممكن تحقيق تحوّل تكون نتيجتُه الوحيدة أن تحوّل إلى عمل حرارةً مأخوذة من مصدر تكون جميع نقطه ذات نفس درجة الحرارة». وبعبارة أخرى، فإن هذا المبدأ الثاني يؤكدّ أنه لا يمكن إنشاء آلة تنتج عملاً وهي تكتفي بأخذ الحرارة من مصدر واحد دون أن تتخلى عن جزء من الحرارة لفائدة أجسام أخرى ذات درجة حرارة أقل من درجة حرارة المصدر. ويعرف هذا المبدأ **بمبدإ كيلفين** (KELVIN)، وهو يحمل اسم العالم الذي اخترع كذلك السلم المطلق لدرجات الحرارة.

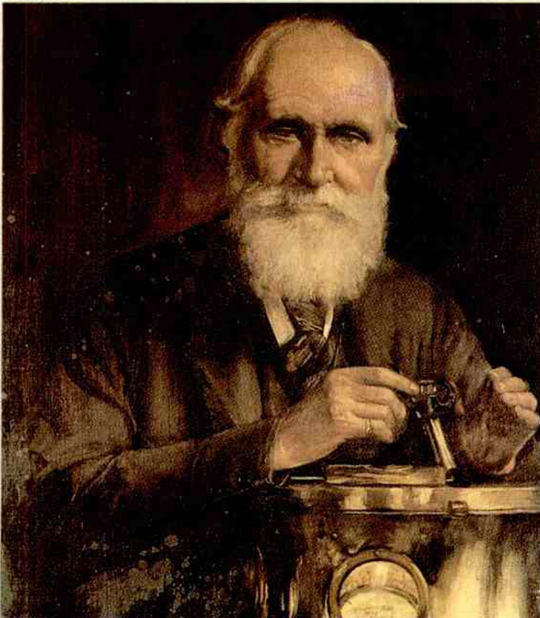
سُلم كيلفين

باستعماله لقوانين غاي – لوساك Gay-Lussac والهندسة التحليليّة تمكّن كيلفين من وضع قيمة جديدة، سماها الصّفر المطلق، وهي تناسب 273،2° درجة مئوية تحت الصفر. وترتبط درجة الحرارة المطلقة (در) بدرجة الحرارة المئويّة (د) وذلك حسب العلاقة التالية: در = د + 273.

أما عن الصفر المطلق، فإن أقصى درجة حرارة منخفضة تم التوصل اليها لحد الآن هي حوالي 273 درجة مئوية تحت الصفر.

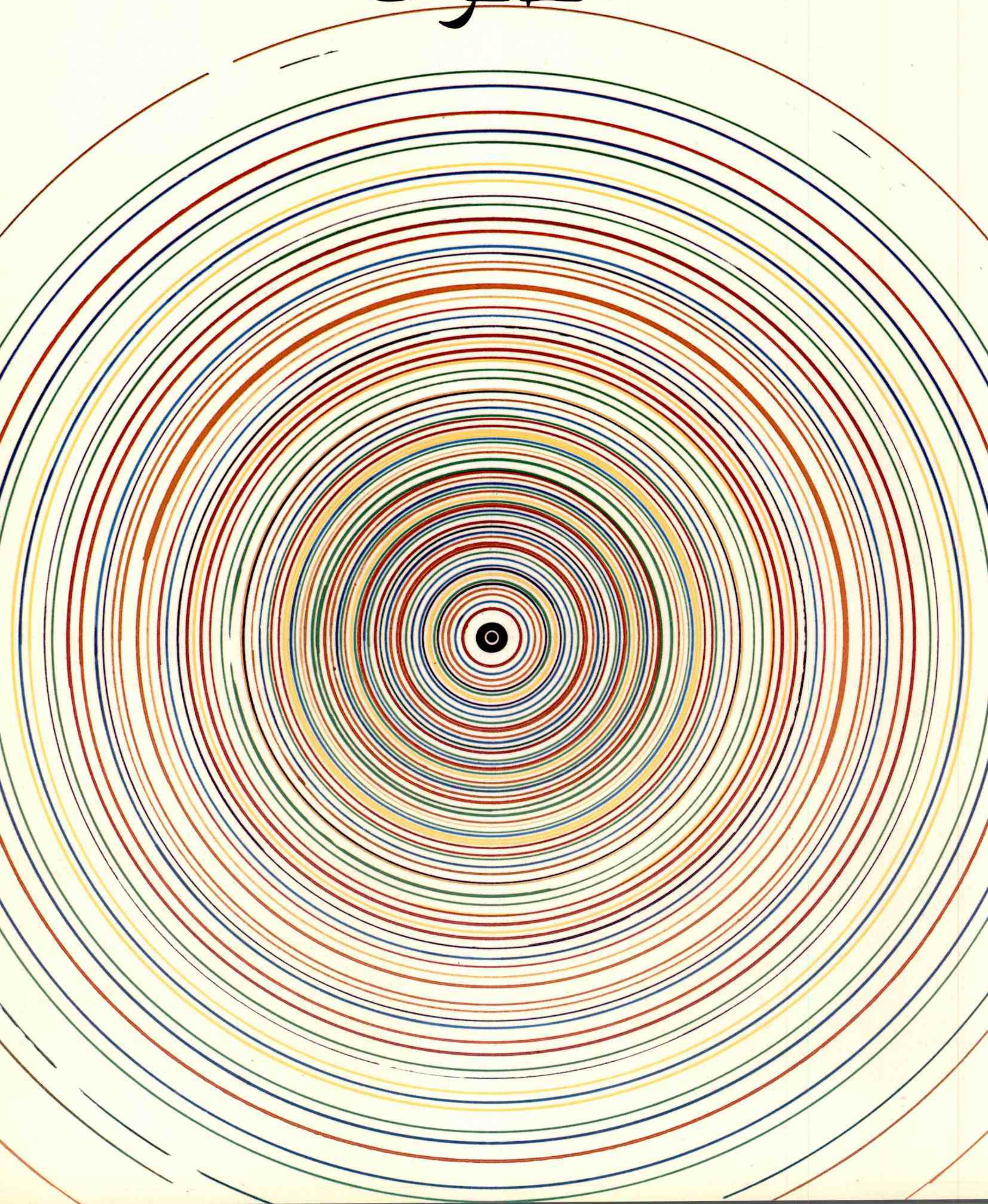
الصورة جانبه: نافذة النار، وتعمل وفق مبدإ احتراق الاوكسيجين المكبوس في الهيدروجين أو حسب مبادىء مماثلة حسب نوعية النافذة واستعمالاتها. هي تصدر لهيبا ذا حرارة جدّ مرتفعة. وبواسطة هذه الآلة يمكن قطع عوارض معدنية وصفائح سميكة من الحديد والفولاذ، كما تستعمل للحم المعادن. ويتعلق الامر هنا بأحد التطبيقات الفعالة لقوانين الديناميكا الحرارية، لأن نافذة النار الموجهة نحو مادة معيّنة تضاعف من حرارتها الى أن تصل بها درجة الذوبان.

الى الأسفل: كيلفين مكتشف الصفر المطلق بالنسبة لدرجات الحرارة.





الصّوت



خصائص الصوت

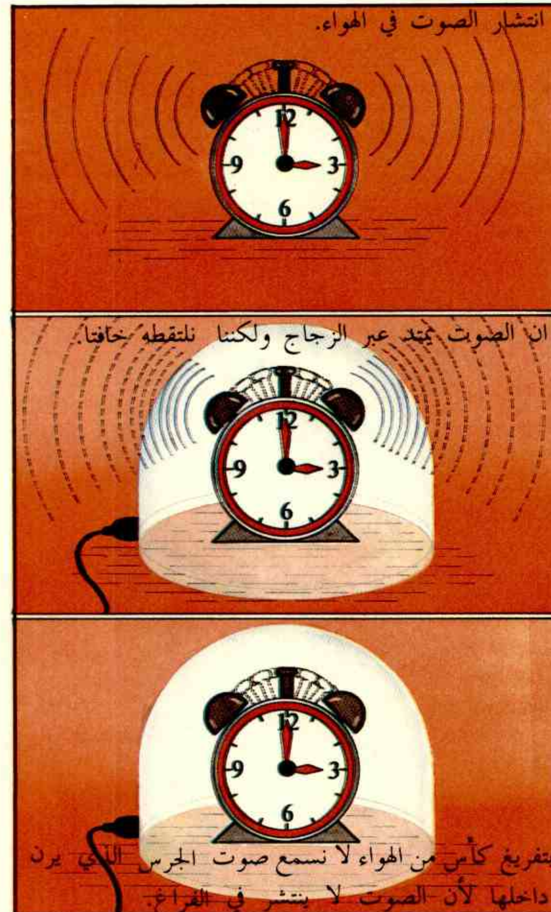
ماهو الصــوت ؟

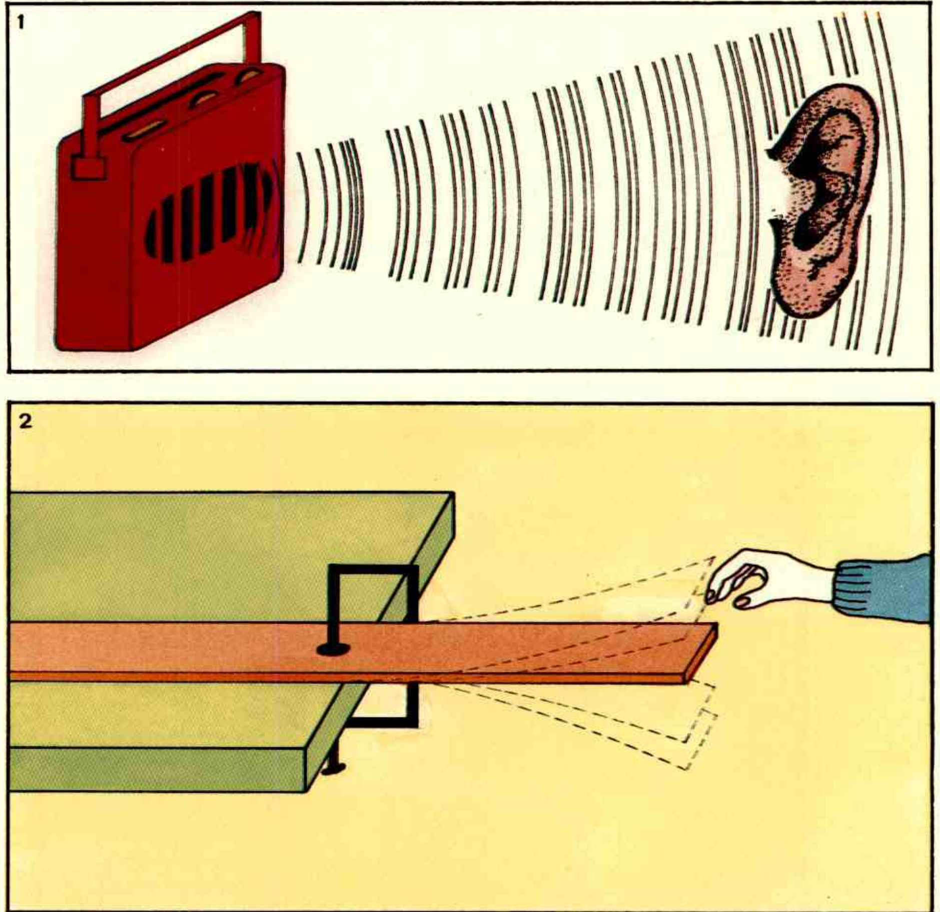
الصوت إثارة لحاسة السّمع بواسطة اهتزاز أو ذبذبة يرسلها جسم متحرك عبر موجات هوائية، فإذا قرعنا بملعقة حافة كأس عليها رقّاصات، فإن هذه الرقاصات رغم بعدها عن مكان القرع تصدر أصواتا بفعل الاهتزازات الصادرة عن حافة الكأس التي أثارت ذبذبة الرقاصات ونوسانها وبالتالي ذبذبة الهواء الذي ينقل الصوت إلى مسمعنا. وإذا وضعنا نفس الكأس المتذبذب تحت جرس زجاجيّ مفرّغ من الهواء، فلن نسمع أي صوت لأن الموجات الصوتيّة لا يمكنها أن تنتشر في الفراغ أي في غياب المادّة. وهكذا فلكي يتأتى انتاج صوت، فلا يكفي فقط توفّر جسم متذبذب لكن لابد من مادة لدنة كالهواء مثلاً، تمكّن الذبذبة من الامتداد. والجسم المتذبذب هو **مصدر الصوت** ، أما الحركة الصادرة عن جزيئات المصدر وعن جزيئات الهواء فتعرف **بالموجة الآلية**. وحاصل القول، فالموجات الصوتيّة هي تنقّل

تنتشر الأصوات عبر الموجات الصوتية التي تهتز في الوسط لتصل الى جهاز الالتقاط البشري أو الحيواني (الأذن) أو الآلي.

والموجات الصوتية التي يلتقطها الراديو مثلا تنتشر في الهواء لتصل الى أذن المستمع على شكل موسيقى أو أخبار أو ضجيج (**الرسم 1**).

الرسم 2: ينتشر اهتزاز الموجات الصوتية على النحو المبين في الرسم. ولنأخذ مثال مسطرة مثبتة في طاولة في أحد طرفيها دون الآخر الذي يبقى حرا في التحرك. فاذا ضربنا هذا الطرف المتحرك فسيشرع في الاهتزاز نحو الأعلى والأسفل في زمن متناسب مع قوة الضربة.





كيف تنتشر الموجات الصوتية ؟

وسط لدن ينطلق من جسم صوتيّ وينتشر على شكل دوائر متراكزة تشبه تلك الدوائر التي يحدثها حجر نلقي به على صفحة ماء.

وهناك نوعان من الموجات : **الموجات الطوليّة والموجات المستعرضة**.

الموجات المستعرضة : تسمى الموجة مستعرضة عندما يكون اتجاه ذبذبات جزيئات الوسط متعامدة بالنسبة لاتجاه امتداد الموجة، فإذا اخذنا خيطاً ومددناه **بتثبيته عند طرفيْه، وأحدثنا تشوّها في نقطة من** نقطه، فإن ذلك يثير موجتين تمتدّان إلى غاية الطرفين.

وذلك راجع إلى كون الخيط يميل إلى الاحتفاظ بالوضع السابق لتشوّهه، فجزيئاته لا تستطيع أن تنزلق طولياً بعضها إزاء بعض، كما أن حركتها متعامدة بالنسبة لاتجاه الموجة.

ومن أمثلة الموجات المستعرضة نذكر الموجات الصادرة عن أوتار القيثارة المثبتة عند طرفيها، والتي تلامسها الأصابع. ولا يمكن للموجات المستعرضة أن تنتج الافي الموادّ الصلبة، لأن هذه الموادّ وحدها هي التي تتوفر على شكل خاص بها حيث تتأثر بكل تغيّر في الشكل.

الموجات الطوليّة : في الموجات الطولية، تهتزّ جزيئات الوسط الذي تنتشر فيه الموجة حيث تتذبذب في نفس اتجاه تقدّم هذه الأخيرة. ومن ذلك ما يحدث **لمعيار النغم**، وهو آلة تتميز بإرسالها صوتا صافياً، وتتكوّن من شفرة فولاذية معقوفة على شكل حُدوة الجواد، يدعمها سناد أو قبضة فولاذية. ويُعرف فرعا الشفرة المعقوفة بالسنّين، فإذا قرعنا بمطرقة صغيرة إحدى السنين فإنها تبدأ في الاهتزاز متحولة عن وضع سكونها حيث ترتطم بجُزيئات الهواء المجاورة لها ثم تدفعها. والموجات الناتجة عن معيار النغم موجات طوليّة لان جزيئات الهواء تتذبذب في نفس الاتجاه الطولي الذي يتمدّد نحوه الاهتزاز. وبإمكان الموجات الطوليّة أن تنتج في الموادّ الصلبة وفي الموادّ السائلة معاً.

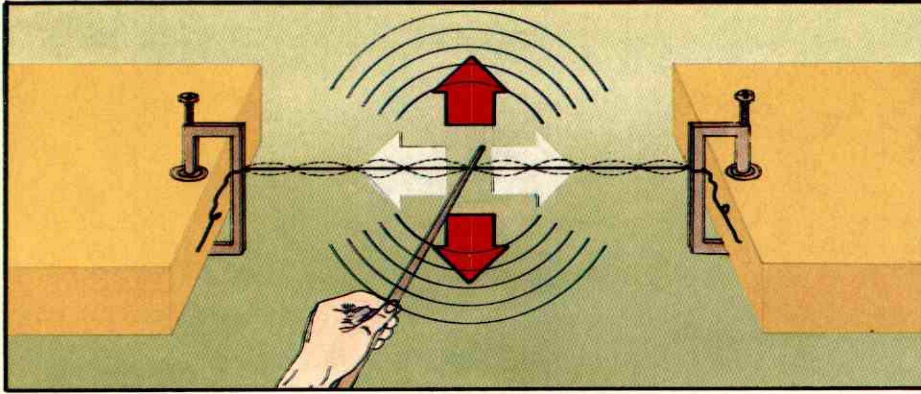
هناك نوعان من الأمواج الصوتية: الطولانية والعرضانية أو المستعرضة.

ووتر القيثارة مثلا **(صورة 1)** يهتز بأمواج عرضانية حيث يكون اتجاه الاهتزاز متعامدا مع اتجاه الموجة نفسها **(الرسم 1)**.

أما معيار النغم (صورة 2) فيصدر صوتا صافيا ويكون نقل موجاته طولانيا أي أن هناك تطابقا بين اتجاه كل من الموجة والاهتزاز **(رسم 2)**.

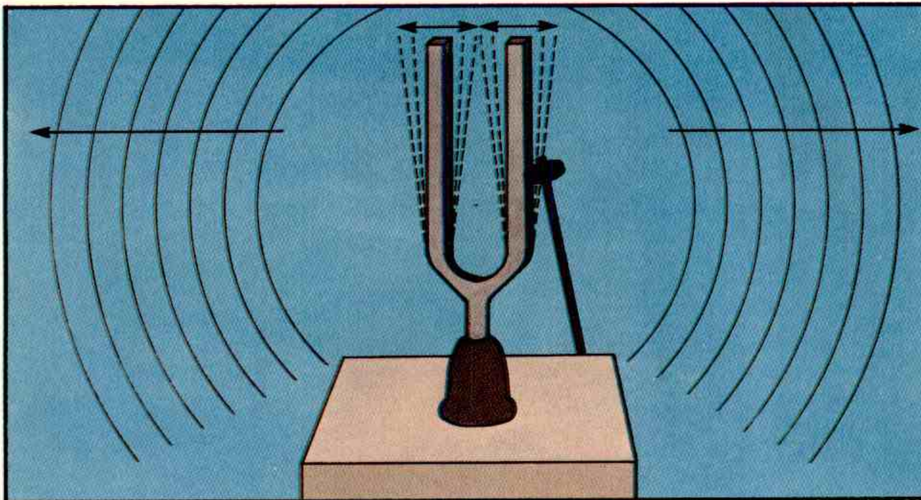
1





2





كيف يتكوّن الصدى ؟

التردّد

لا يمكن اعتبار جميع موجات الضغط بمثابة أصوات، فالصوت يكون عندما يتراوح تَردّد الموجة ما بين 16 هِرتز و20.000 هرتز، وذلك حسب التغيّر والاختلاف الموجود بين الأفراد اعتباراً لمدى حساسيتها. **والتردّد** هو عدد الاهتزازات المتكاملة التي يرسلها مصدر الصوت في الثانية الواحدة. ويعبّر عن التردّد عادة **بالهرتز** (هز) ويعادل الهرتز الواحد ذبذبة في الثانية.

وتعرف الموجات ذات تردّد دون 16 هرتز **بالأصوات تحت السمعيّة**، أما الموجات ذات تردد يتجاوز 20.000 هرتزا فتعرف بالاصوات **الفوقيّة**.

الصّدى والدّويّ

عندما ترتطم الموجة الصوتية بسطح يفصل بين وسطين مختلفين، ينعكس جزء منها، وينتج عن هذا الانعكاس مايعرف **بالصدى**.

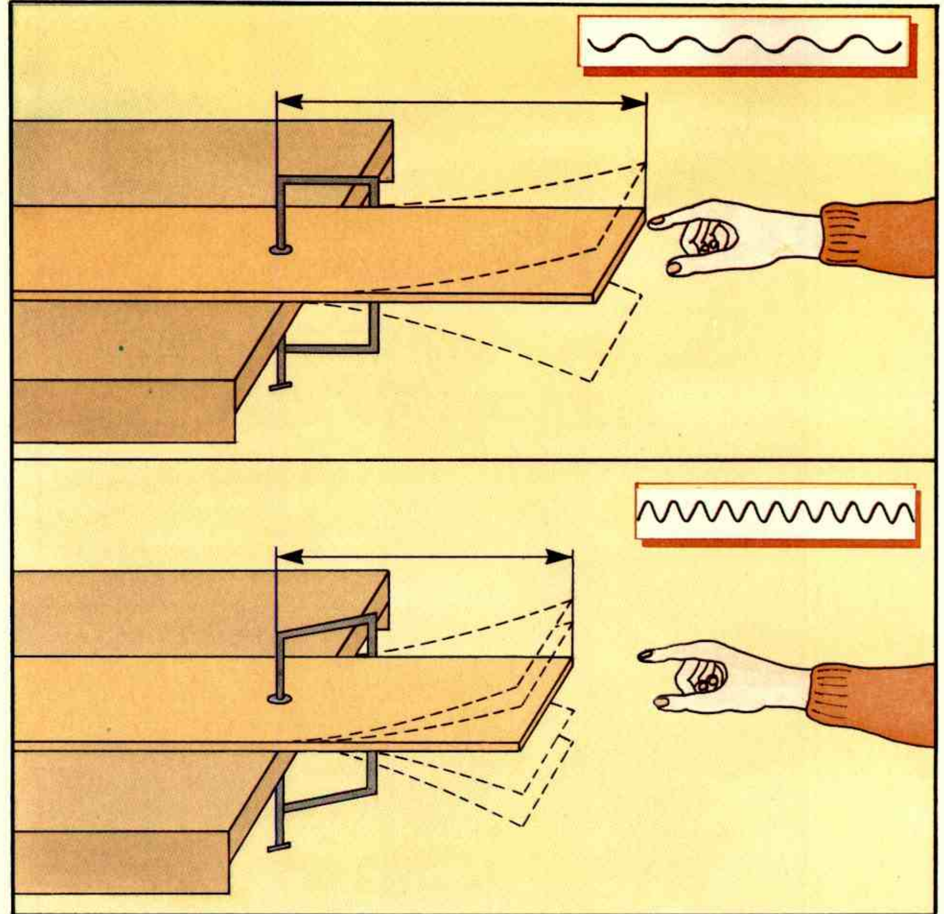
ونلاحظ هذه الظاهرة في رجع الصوت إثر انعكاسه على حاجز يوجد في موقع معين من المصدر ولكي تتمكن أذننا من تمييز صوت الرجع العائد عن الصوت الأصلي الذاهب، لابد أن يكون بين الصوتين فاصل زمنيّ لا يقل عن عشر الثانية يقطع الصوت خلالها مسافة 34 متراً. وعُشر الثانية هو بالفعل الفاصل الزمني الذي يلزم لنطق مقطع كلامي ولبقاء الصوت في أذن الانسان. وبما أن سرعة الصوت هي 330 متراً في الثانية، فالموجة الصوتية تقطع 33 متراً في عشر الثانية. وهكذا فيمكن سماع صدى مقطع كلامي عندما يكون الجدار الذي يعكس الصوت على بعد 16 إلى 17 متراً من الذي يسمعه، وإذا كانت المسافة تساوي 33 متراً، فإن المقطعين الأخيرين يلتقطان بوضوح، أي أن الصدى يكون ثنائي المقطع.

وإذا كانت المسافة أقلّ من 17 متر، فالموجة العائدة تنضّد مع الموجة المنعكسة محدثة صوتا مبهما، وهي تبدو وكأنها امتداد للصوت المرسَل، وفي هذه الحالة يتعلق الأمر بظاهرة **الدّوي**.

وإذا كان عدد السطوح العاكسة إثنين فأكثر، تحدث أصداء متعدّدة يمكن أن نسمع من خلالها أصواتاً

تنتشر الموجات الصوتية على شكل دوائر كتلك التي ترسم على صفحة الماء إثر سقوط حجر.

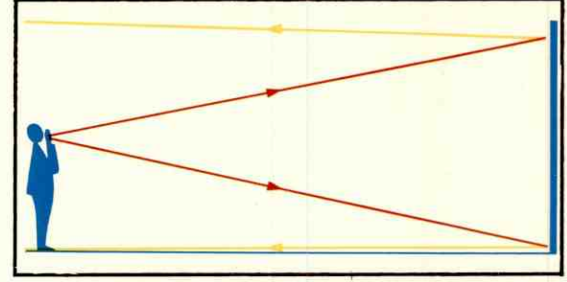
جانبه: رسم 1: إن تردد الصوت هو عدد الاهتزازات الكاملة التي يرسلها مصدر صوتي في الثانية الواحدة. في هذا الرسم تردّد ذو قيمة منخفضة. **رسم 2**: في هذه الحالة تردد الاهتزاز أعلى مما هو عليه في الحالة السابقة.



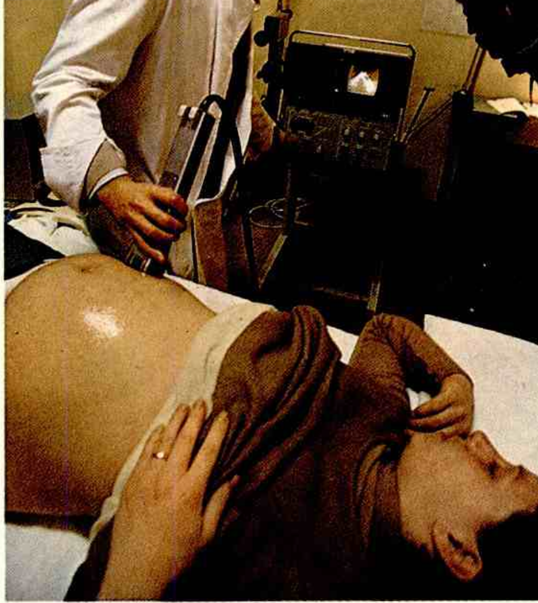
عديدة. ويكون مفعول الصدى والدّويّ مزعجاً في المسارح وقاعات العروض ويتم تفادي ذلك بفضل انجازات علم الأصوات المعماري، ويستعمل انعكاس الصوت بواسطة السونار لاكتشاف الأشياء في أعماق البحار، حيث لا تتمكن الموجات الكهرطيسية للردارات والعاكسات من النفاذ إلى العمق الذي تصله الموجات الصوتية.

كيف يعمل السونار ؟

ماهو الدويّ ؟



لكي يحدث الصدى لابد من مسافة دنيا تتراوح ما بين 16 و17 مترا، وإلاّ اختلط الصوت المنعكس على الجدار بالصوت الذي ينطلق من المصدر حيث يحدث الدوّي. ولكي يكون الصدى واضحا، يجب توجيه الصوت نحو نقطة محدّدة كما نفعل بكفينا لايصال نداء الى مسافة بعيدة.



جانبا: لقد عرف مبدأ الصدى تطبيقات واسعة في عدة مجالات وخاصة منها الميدان الطبي. ويتعلق الأمر في هذا الباب ببعض الأجهزة المتطورة ومنها مقياس الصدى (ايكوميتر) الذي يستعمل للحصول على معلومات من باطن جسم الانسان.

أسفل: السونار، جهاز لاكتشاف الأشياء تحت الماء بواسطة الموجات الصوتية، ويستعمل في البواخر الحديثة حيث يقوم على مبدإ الصدى.

لماذا ترتبط سرعة نقل الصوت بالوسط ؟

لماذا ينتشر الصوت في الأجسام الصلبة بسهولة ؟

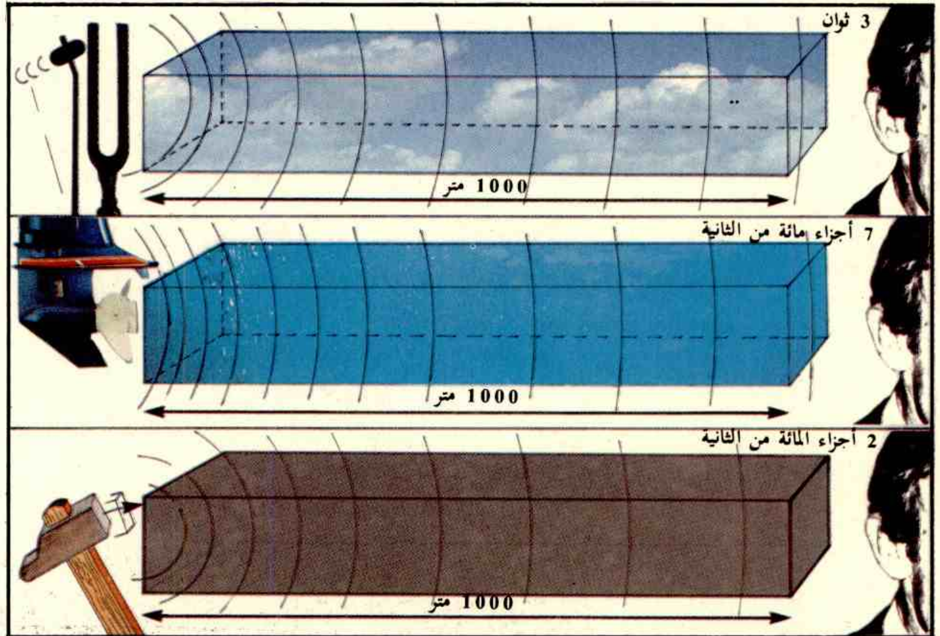
لماذا تختلف شدة الأصوات ؟

الســـرعة

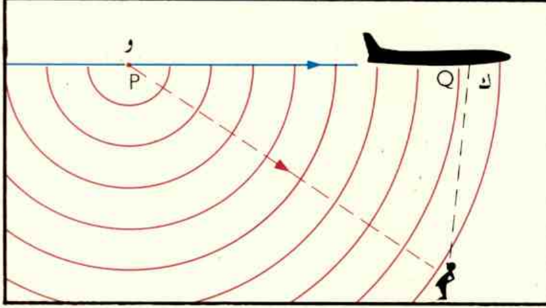
إن سرعة نقل الصوت غير قارّة، بل تتغير حسب طبيعة الوسط وبنيته الجزيئيّة وكثافته ودرجة حرارته، فإذا كان الوسط متجانساً وجامداً فإن الصوت يمتدّ وفق قانون الحركة المنتظمة.

ويتم قياس السرعة اعتماداً على القاعدة التالية : س = م/ز، حيث يرمز حرف «ز» إلى الزمن الذي يلزم الصوت لقطع مجال معين (م). وقد أجريت تجارب لقياس سرعة الصوت خلال سنة 1822 قرب مدينة باريس، بطلب من مكتب خطوط الطول، وكان من بين الملاحظين كل من أراغو وغاي لوساك وهومبولدت وبراني وبوفار وماتيو. وقد اختاروا محطات معيّنة مثل مونليري وفيل جويف اللتان تبعدان احداهما عن الأخرى بمسافة 18613 متراً. وقد تم ارسال طلقتين مدفعيتين، كل واحدة منهما من إحدى النقطتين، ثم قياس الزمن الفاصل بين ظهور الالتهاب وسماع الطلقة. وبالنظر إلى كون الشفافية الصوتية للهواء مرهونة بالاضطراب الجويّ، فإن سرعة الصوت تكون مرتفعة في اتجاه الريح ومنخفضة في الاتجاه المعاكس، وقد أعيدت التجربة مرات عديدة مع تغيير لدور المحطتين للتقليص من اخطاء القياس المحتّملة. ومن خلال النتائج المحصل عليها، يمكن التأكيد على أن سرعة امتداد الصوت في الهواء تقدر بحوالي 333 متراً في الثانية عند درجة حرارة تتراوح ما بين 15 درجة وعشرين درجة.

وتكون سرعة امتداد الصوت في السوائل اكبر مما هي عليه في الغازات، ففي سنة 1827، وبعد التجارب المجراة على بحيرة جنيف، استخلص جان كولادون وجاكوب ستورم أن سرعة امتداد الصوت في ماء ذي حرارة 15 درجة، تقدر بحوالي 1437 متراً في الثانية.



هواء	332
ماء	1450
خشب	3500
فولاذ	5170



في الرسم 1 : سرعة انتشار الصوت بالميلمتر في الثانية (مم /ث) في أهم الأجسام .
في الرسم 2: تمثيل لحالة انتشار صوتي في الهواء بسرعة 332 /ث . فعندما يكون صوت الطائرة النفاثة عند نقطة معينة (ن) ويصل إلى أذن السامع ، فإن الطائرة تكون قد وصلت آنذاك إلى نقطة أبعد (ق) .

أما الأجسام الصلبة وخاصة منها المعادن فتنقل الصوت بشدة وكثافة لأن الجزيئات التي تكوّنها متقاربة بعضها من بعض أكثر مما هو الحال بالنسبة لجزيئات الأجسام الأخرى كالهواء مثلا، ولذلك فهي تنقل الاهتزازات بكيفية أكثر ملاءمة، فإذا قرعنا طرف أنبوب حديدي بمطرقة فإننا نسمع في طرفه الآخر صوتين، أحدهما ينتج عن امتداد الصوت في جدار الانبوب الحديديّ، والثاني ناتج عن انتشار الصوت في الهواء. وإذا عرفنا سرعة الصوت في الهواء وطول الأنبوب ثم قسنا الفارق الزمني بين الصوتين، فسيمكننا أن نحدّد سرعة الصوت في الحديد عند 15 درجة حرارية، وقد قدرت هذه السرعة بحوالي 5000 متراً في الثانية، أما في النحاس فتقدّر بحوالي 3560 متراً في الثانية وفي الرصاص بحوالي 1227 متراً في الثانية.

وسرعة الصوت غير مرهونة بالتردّد. ذلك أنه يمكن سماع الموسيقى من بعيد وهي مجموعة أصوات، دون أن يصيبها تشويه، الشيء الذي لا يمكن أن يحدث لو أن الاصوات المختلفة ذات سرعات متباينة.

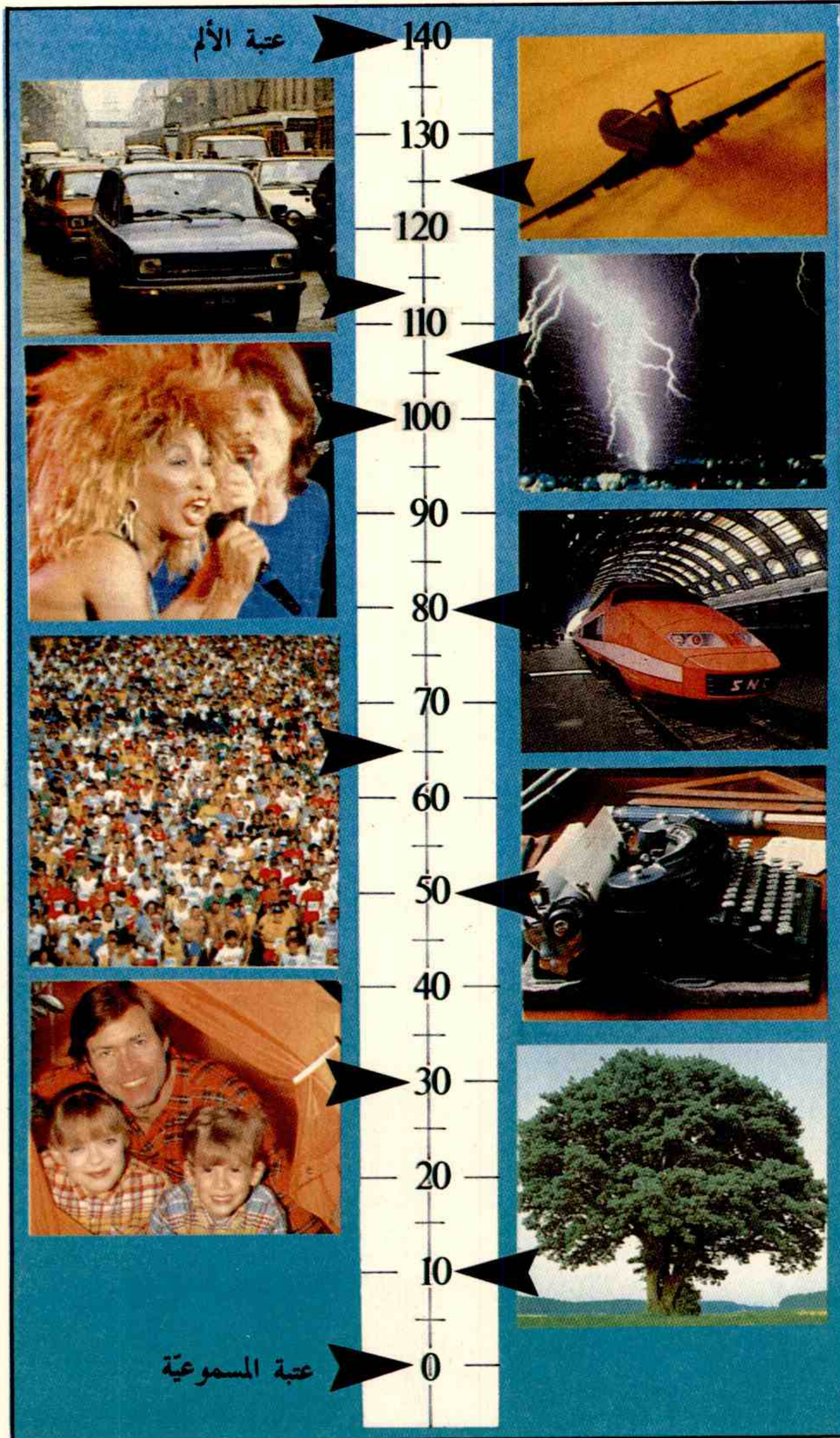
بعض أمثلة توضح سرعة انتشار الصوت في الأوساط المختلفة . نفس الصوت في الهواء (1) وفي الماء (ط) وفي الحديد (3) يصل إلى السامع الموجود على بعد 1000 م ، في مدة زمنية مختلفة حسب كل مادة ؛ وهي على التوالي: 3 ثواني ، و 7 أجزاء المائة من الثانية ثم جزئي مائة من الثانية .

الشـــدّة

تشتمل ظاهرة الصوت على موجة يُنتجها مصدر مهتزّ وعلى وسط يحقق امتدادها وملتقط يستقبلها. وتنتج اهتزازات كل من الوسط والملتقط عن مصدر الصوت وهي بذلك تسمى بالاهتزازات الاضطرارية. وتتفاوت قوة الصوت حسب الطاقة والايقاع التي يخولها له المصدر. **فالشدة الصوتية** لموجة ما هي متوسط القدرة المنقولة لوحدة سطحية في اتجاه امتداد الموجة. وترتبط الشدة الصوتية بطاقة الموجة وهي متناسبة مع الطاقة التي تنقلها الموجة، وتتغير هذه الطاقة بتغير المسافة بيها وبين المصدر. فالصفير الصادر عن بعد مائة متر يكون ذا شدة اكثر حدة من صفير يصدر عن بعد مائتي متر. ويرجع ذلك إلى كون الاصوات تتمدّد عن طريق موجات دائرية ولكون كميّة الطاقة التي تنقلها وحدة سطحية متناسبة عكسا مع مربّع مسافة بُعد المصدر. فإذا سمعنا على بعد مسافة معينة صوتا بشدة معينة، فإنه على بعد ضعف أو **ثلث تلك المسافة سنسمعه بشدة تكون أقل بـ 4،9 مرة** كلّما زاد الابتعاد. وبالمقابل، إذا كان الصوت منقولا عبر أنبوب، فإن سطح الموجة يبقى قارّاً في حين تنخفض شدتها قليلاً ولو كانت المسافة مهمّة جدّاً. وتستعمل **الأبواق ومضخّات الصوت هذا المبدأ لنقل الأصوات إلى** مسافات بعيدة.

وعند القيام بتقييم الشدّة الصوتيّة من ناحية الاحساسات التي يثيرها الصوت في أذننا، فلا بد من اعتبار الشدة الذاتية، التي تكون مرهونة بتردّد الموجة وبالفعل فالصوت ذو تردد بالغ الارتفاع وشدة صوتية مساوية لشدة صوت آخر ذي تردّد منخفض، فإنه قد يكون أقل شدة بالنسبة لأذن الانسان من الصوت الثاني. ويتم بالنسبة للتردّد تحديد **مستوى المسموعيّة** عند أدنى شدة يمكن للاذن التقاطها **ومستوى الألم** أكبر شدّة صوتية يكون ما بعدها احساس بالألم في الأذن.

ولقياس الشدة الذاتية، يستعمل «سلم الدّسيبلات»، والدّسيبل هو وحدة لقياس التفاوت في منسوب قدرتين أو طاقتين او التفاوت بين شدتي صوتين، وهي تعادل عشر بل. و«بل» هو اسم الوحدة التي تحمل اسم العالم الامريكي الكسندر غراهام بل. ويناسل مستوى المسموعية صفر دسيبل (0 د.ب.) ومستوى الألم 120 دسيبل.



الطاقة هي الايقاع الذي يحدثه مصدر صوتي بانتاجه لصوت متفاوت القوة والشدة هي القدرة المتوسطة المنقولة الى وحدة سطح في اتجاه انتشار الموجة وتقاس بالدسيبل (د.ب) ولا يمكن لأذن الانسان أن تلتقط التي تقل شدتها عن صفر دسيبل (0 د ب) ولذلك فهذا العدد، أي 0 د ب، هو بدء السموعيّة. أما الاصوات التي تتجاوز شدتها 120 د ب فتحدث ألما في الجهاز السمعي ولذلك فهذا العدد هو بدء الألم.

جانبه: سلم الدسبلات وبعض الأمثلة: صوت الأوراق (10 د ب)، الصوت البشري (30 د ب)، صوت القطار (80 د ب) الصوت المضخم (100 د ب)، هدير الطائرة (125 د ب).

لماذا تختلف أصوات الآلات رغم عزفها لنفس اللحن ؟

الرنّة

إن **الرنة** مرهونة بعدد وارتفاع وشدة الأصوات المنسجمة التي تصاحب التردّد الأساسي للصوت الذي يصدره جسم رَنّان معيّن، وكما هو معلوم، فإن نفس العلامة الموسيقية المعزوفة على آلات مختلفة تختلف بدورها بتغير مصادرها. ولا يمكن لأية آلة موسيقية باستثناء معيار النغم أن تصدر علامات صافية وإذا قمنا برسم منحنيات لنفس العلامة كما انجزتها آلات مختلفة فسوف نلاحظ أنها تختلف فيما بينها كما تختلف عن منحنى نفس العلامة كما أنجزها معيار النّغم.

وتسمى الاصوات المرسلة بواسطة كل آلة موسيقية **بالتوافقيات**. وتحدّد التوافقيّة الأساسية ارتفاع الصوت بينما تقوم التوافقيات الموالية لها بإغنائها بالتغيّرات والنغميّات. وهكذا تصل نفس النبرة الموسيقية، المعزوفة على آلات مختلفة، إلى أذننا برنّة مختلفة نظرا لاختلاف مجموع التوافقيات المرافقة للتوافقية الأساسية. وطبيعة وعدد التوافقيات مرهونان بالعلب التوافقية ونوعية الموادّ التي يتكون منها المصدر. وهكذا تتضح صعوبة وتعقيد صناعة الآلات الموسيقية الجيّدة.

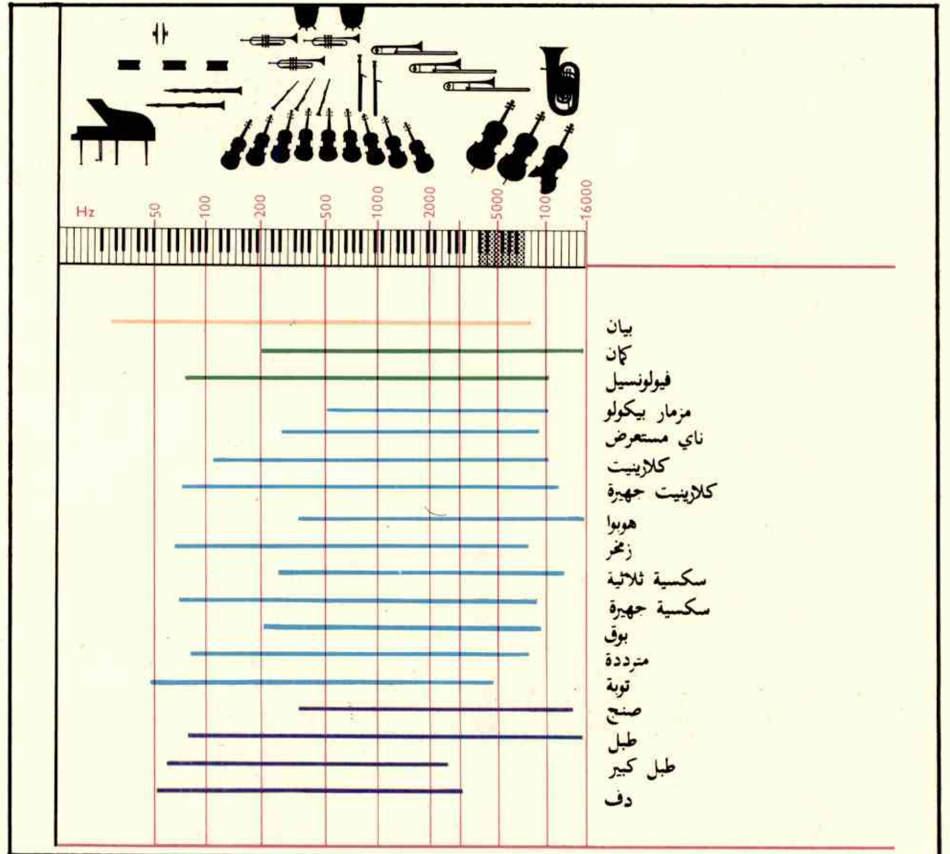
وأخيراً فالرنّة هي التلوّن الذي يميّز نفس النغمة عند انجازها بواسطة آلات مختلفة.

أعلاه: تتميز كل آلة موسيقيةبرنتها الخاصة. فرغم كونها تعزف نفس النغمات وتؤدي نفس العلامات الموسيقية فكل واحدة تفعل ذلك بجهورية مختلفة. ويرجع ذلك الى أن الآلة الموسيقية لا تكتفي بإصدار النبرة الاساسية فحسب، بل تنتج كذلك عددا معينا من التوافقيات (أو النغمات المتوافقة)، وفي حالة آلة وترية، فإن اهتزاز الأوتار ليس هو المبين في (1)، أي طرفي السكون، بل في كل من (2) و(3)، حيث ليس الطرفان وحدهما في سكون، ولكن أيضا نقطتان أو نقطتين في الوتر بحيث يعادل التردّد الحاصل ضعف أو ثلاثة أضعاف تردّد النبرة الأساسية.

جانبه: تردّد أغلب الآلات الموسيقية بالهرتز.

أسفله: الصوت كما يتمثل في مكشاف الذبذبة حيث يظهر مضخما ليكون قابلا للتحليل.





الظواهر الصوتية

الضجّــة

عندما تثير أصوات غير منظمة في المسمع احساسات بالانزعاج او الألم، فالأمر يتعلق **بضجّة**؛ ومن البديهي أن تعريف الضجيج ليس ذاتياً، إذ أن جزءاً كبيراً من الضجات غير مزعج بالنسبة للانسان بسبب تعوّد مسمعه عليها أو بتوقعها من قِبَل السامع. ودرجة الاشمئزاز الفيزيولوجي من الضّجة ليست منتظمة في مقام الترددات الصوتيّة، ولكنها ترتفع كلّما تضاعف التردّد. وبإمكان نفس مستوى الضجة أن يكون متحمّلا عند 200 هرتز ولكنه قد لا يطاق عند 4000 هرتز.

ويهتم الطب بالضجة لكونها تحدث تأثيرات مَرَضيّة تضر بالأذن كما أنها ذات تأثير على الجانب الفيزيولوجي للجسم.

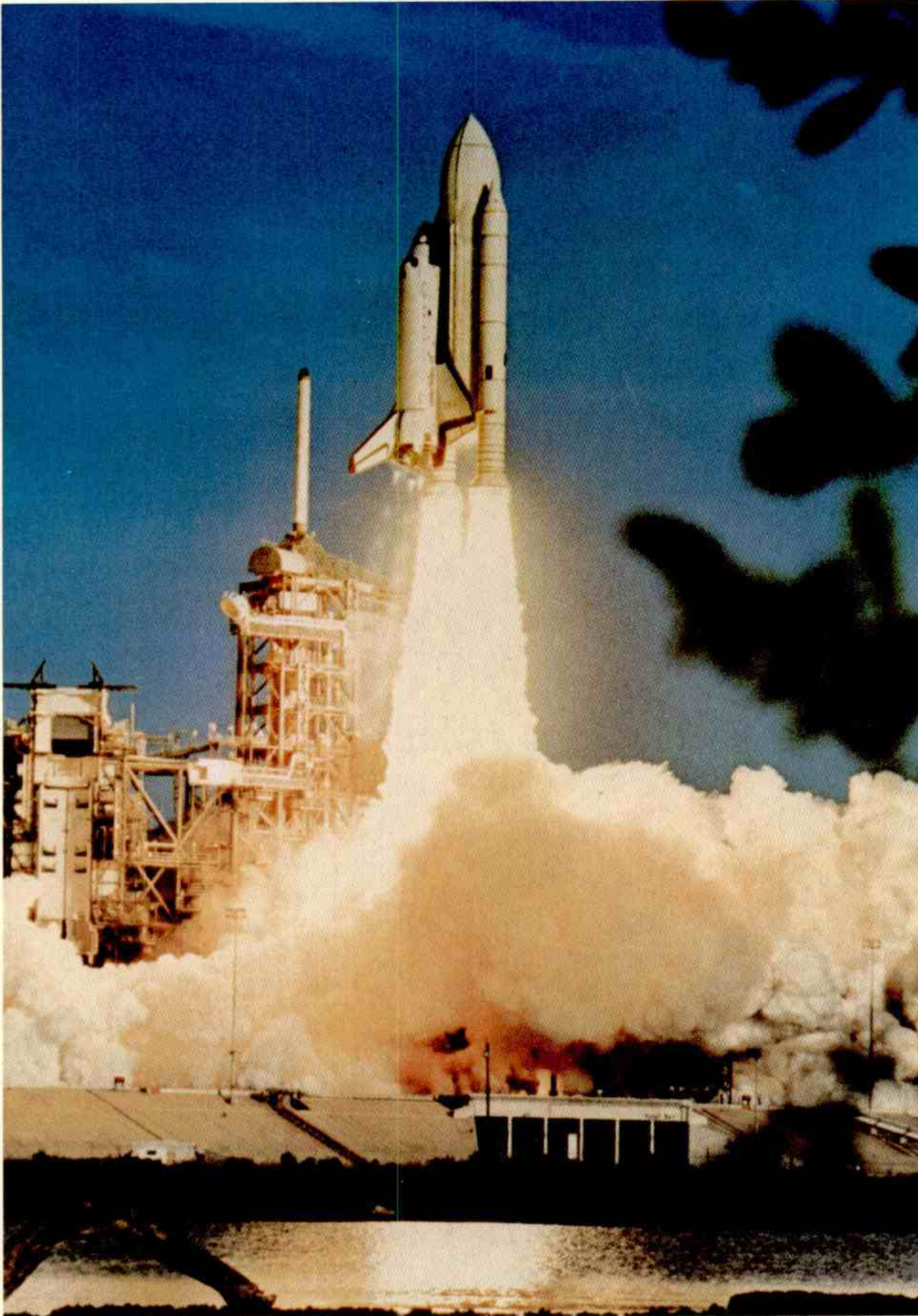
الموسيقــى

الموسيقى هي ذلك الفن الذي يعتمد في تعبيره على الأصوات. والصوت من الناحية الموسيقية يدرس من وجهة نظر الايقاع وعلم الأصوات. **والايقاعية أو فن النظم** هي العلم الذي يهتمّ بدراسة تطوّر التعابير الموسيقية بالنسبة للزمن، ويعتمد على الحركات وأهم عناصرها الوزن والعلاقات بين قيمة الأصوات وفترات الصمت وبين الزمن وأجزائه.

ومن جهة نظر علم الاصوات، فالخصائص الأساسية للصوت هي **الارتفاع والشدّة والرنّة**.

ويكون ارتفاع الصوت متناسبا مع تردّد الاهتزازات التي تنتجه، وهو يزداد بزيادة عدد الاهتزازات فكلما كان عدد الاهتزازات مرتفعاً كان الصوت مرتفعاً. وإذا قمنا بمقارنة الرسوم التخطيطيّة الخاصة بصوتين يختلفان فقط من حيث الارتفاع، فسنلاحظ أنهما لا يختلفان إلاّ من حيث طول موجاتهما. والصوت الأكثر

ماهو المفهوم الصوتي للموسيقى ؟



ان الأصوات الصادرة عن أي مصدر قد تكون مستحبة ولو كانت غير موسيقية وقد تكون منفرة رغم كونها موسيقية. ومما لاشك فيه أن الصوت الصادر عن هذا الصاروخ المنطلق (الصورة جانبه) لا يمكن إلا أن يكون غاية في الازعاج.

ارتفاعاً هو الذي يكون له أصغر طول موجة، أي الصوت الذي يكون ذا أقل تردّد.

ولكي تستقبل الأذن الاهتزازت الصوتية، فيجب ألاّ يكون عدد هذه الأخيرة أقل من 32 وألاّ يزيد عن 35000 في الثانية الواحدة. وقد استعمل التحديد الدقيق لعدد الاهتزازات في صناعة معيار النغم، وهكذا، فالنغمة العادية التي تعد معيارية في السلم الأساسي لأكاديمية العلوم بباريس قد حدّدت سنة 1858 في 435 اهتزازا وهي تناسب النغمة التي يعبر عنها في السلم الموسيقي العالمي بعلامة «لاَ» .

السّمعيات

السمعيات علم يدرس كافة الظواهر المتعلّقة بالصوت وخصائصه وآلية تكّونه وامتداده والتقاطه. وهو يخصّ مجالات مختلفة ومنها :

السمعيات الكهربائية : وتهتم بمناهج انتاج وتسجيل الأصوات، أي بكل ما يتعلّق بالميكروفونات

صورة 1: موسيقى مغربية قائمة أساسا على الايقاع.
صورة 2: عازف كمان، ولهذه الآلة اصوات حادة.
صورة 3: موسيقى في الهواء الطلق بآلات نفخ.
صورة 4: موسيقى اندونيسية معتمدة على الايقاع.

1



2



3



4

ومكبرات الأصوات ومضخّات الأصوات.

السمعيات الموسيقية : وتهتم بكيفية مباشرة بالصوت وعلاقته بالموسيقى.

السمعيّات المعمارية : وتختص في مشاريع بناء الغرف والقاعات وتصرّف الموجات الصوتية داخل الأوساط المغلقة.

وقد تعرضنا إلى السمعيات الخاصة بالموسيقى وإلى طبيعة الموجات الصوتية، وسنتطرق فيما يلي للسمعيات المعمارية :

فإذا اخذنا مثال قاعة للحفلات الموسيقية، فإن المشكل الأساسي الذي يكون على الاختصاصي في السمعيات المعمارية أن يحلّه هو كيفية تفادي وقوع الأصداء التي تردّدها جدران البناية. ذلك أن القاعة يجب أن تشيّد بكيفية تجعل أصوات الآلات الموسيقة تصل إلى مسامع الجمهور دون أن يلحق بها تشويه أثناء قطعها للمسافة بين الجوقة والآذان، ذلك أن الاصداء المزعجة تحول دون وصول الأصوات مباشرة وفي نفس الوقت إلى مسمع الجمهور. وهكذا فعلى المهندس المعماري أن يبني المسارح وقاعات الحفلات الموسيقية مع الأخذ بعين الاعتبار شكل وتصميم القاعة نفسها في حالة فراغها ثم امتلائها بالجمهور.

فالأصوات الصادرة عن الخشبة يجب ألاّ يمتصها السقف والجدران، بل يجب أن تنعكس بانتظام وتشاكل لكي يتلقاها السامع كما هي دون تحريف أو تشويه. فإذا وقع تأخير في وصول الصوت المنعكس بالنسبة للصوت القادم مباشرة من المصدر، فإن ذلك يُحدث صدى.

وإذا تم بناء قاعة للحفلات الموسيقية بسقف مسطّح فمن الملاحظ أن الأصوات تنعكس بكيفية ناقصة. وعليه، فمن الأهمية بمكان أن يبنى السقف بطريقة تراعي ضرورة وصول الاصوات الصادرة عن جميع نقط القاعة، إلى أذن المستمع الموجود في أية نقطة من نقط القاعة حتى خارج نطاق السمع العادي. وهكذا فإن هذا المشكل قد تم تجاوزه بواسطة هندسة السقوف المقبّبة، حيث أن الأصوات تنعكس على القبة ثم تمتدّ إلى جميع نقط القاعة.

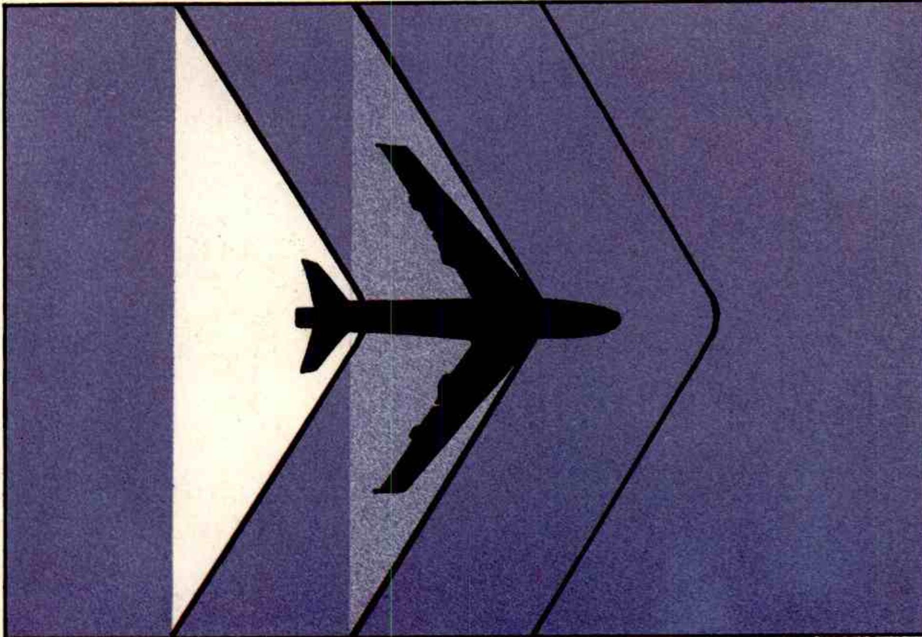
إذا كان مصدر الصوت متنقلا في الوسط فإن الصوت الذي يصدر عنه لن ينتشر بواسطة الموجات المتراكزة ولكن موجاته تتكاثر في الجهة الأمامية وتتنادر في الجهة الخلفية. فالطائرة النفاثة بتنقلها في الأجواء تصدر موجات صوتية بكميات كبيرة جدّا أمامها وبكمية قليلة خلفها. وكلما زادت سرعتها كلما تضاعف عدد الموجات الصوتية وزادت كثافتها الى درجة تشكيلها لحاجز حقيقي يعرف بجدار الصوت. وهذا «الجدار» قد يشكل خطرا بالنسبة للطائرات إذا لم تكن معدّة لتحمّله. وعندما تخترق الطائرة هذا الجدار الصوتي تحدث دويا مرعبا يبين انها تجاوزت سرعة الصوت (ماش 1).

ماهو «جدار الصوت» ؟

جدار الصوت :

لم نهتم ضمن الفقرات السابقة سوى بالموجات الصوتية التي تتمدّد في وسط مادّي يكون فيه المتلقي والمصدر ساكنين، أو الوسط الذي تكون فيه المسافة بين نقطة الاصدار ونقطة الاستقبال قارة لاتتغير. أما إذا كان مصدر الصوت متنقّلا داخل وسط ما، فالموجات الصوتية التي تنتج عنه لا تبقى متراكزة ولكنها تصبح أكثر عدداً نحو الأمام ومتنادرة نحو الخلف. ونتيجة كل هذا هو أن المصدر الصوتي المتحرك يرسل صوتاً مرتفعاً نحو الأمام لأن طول الموجة يتقلّص ويتضاعف التردّد، ثم صوتاً





لماذا لا نسمع الأصوات ذات التردد العالي ؟

كيف تستعمل الأصوات الفوقية ؟

خفيضاً نحو الخلف لأن طول الموجة يزداد في حين يتقلّص التردّد.

ومن الواضح أنه إذا تضاعفت سرعة المصدر الصوتي، فإن الاهتزازات الموجّهة نحو الأمام تكون أكثر عدداً، في حين تكون الاهتزازات الموجّهة نحو الخلف أقل عدداً.

وإذا انتقل المصدر الصوتي بسرعة أقل من سرعة الصوت، فإنه لن يتوصل أبداً إلى الالتحاق بالموجات التي يرسلها، لأن سرعة امتداد الموجة تفوق سرعة المصدر. وإذا زادت سرعة المصدر الصوتي لتوافق سرعة الصوت (أي 343 مترا في الثانية، أو ماشاً واحدا)، فالموجات الصوتية الأمامية تكون مضغوطة إلى درجة تشكيلها لحاجز اهتزازي يعرف **بجدار الصوت**.

وبإمكان هذا الحاجز أن يشكّل خطرا على بنية الجسم الذي يوجد به مصدر الصوت.

وعادة ما نتحدث عن جدار الصوت فيما يخصّ الطائرات النفاثة التي تفوق سرعتها سرعة الصوت نفسه، وفي هذه الحالة، تكون شدة الاهتزازات التي يحدثها اختراق الطائرة لجدار الصوت قادرة على تحطيم الطائرة إذا لم تكن مصنوعة بكيفية ملائمة. وإذا أفلحت الطائرة في اتخاذ سرعة تفوق سرعة الصوت حيث تخترق الجدار فإن الخطر يزول لأن جميع الاهتزازات الصوتية تبقى وراءها. وعندما تخترق الطائرة الجدار في علّو منخفض فإنها تحدث دوّيا خاصّاً يشبه صوت الرعد.

ولقياس السرعة الفوصوتية، تستعمل وحدة **الماش**، وماش اسم العالم الفيزيائي النمساوي الذي قام بدراسة هذه الظواهر باستعماله للقذائف. وعدد الماش المعين يدُلّ على العلاقة بين سرعة جسم في الهواء وبين سرعة الصوت. وتناسب سرعة 1800 كلم / س (اي 500 متر / ثانية) 1،47 ماش.



الأصوات الفوقية

كما رأينا سابقاً، فكل الموجات الطولية في الهواء لأتثير الاحساس بالصوت، فإذا اهتز جسم بتردّد يفوق 20.000 هرتزا، فالموجات التي يرسلها لا يمكن للأذن البشريّة أن تلتقطها. وتعرف هذه الموجات **بالأصوات الفوقية**، وهي تستعمل في عدّة مجالات. والأصوات الفوقية حين يعترضها حاجز تتعرض جزئياً للامتصاص وجزئيا للانعكاس كما يحدث للأشعة الشمسية على سطح المرآة. وفي ميدان العِدَانة تستعمل أجهزة تعمل بالأصوات الفوقية تمكّن من التحقق من وجود خلل داخل كتلة معدنية، ويمكن للأصوات الفوقية كذلك أن تقتل الأسماك الصغيرة كما تنشّط المفاعلات الكيماوية وتبيد كريّات الدم البيضاء والأجسام الأحادية الخليّة.

وبما أنها ترفع درجة حرارة الأجسام، فإنها تستعمل لمعالجة أمراض مختلفة كالرثية والتهاب المفاصل والربو. وفي الميدان الطبي كذلك، تستعمل لمعاينة الأنسجة الحيويّة أو الجنين في رحم الأم.

وفي الطبيعة، تتمكن الوطاويط من توجيه طيرانها بواسطة الأصوات الفوقية. فهي تخرج ليلا وتصدر من أنفها كل ثانية صوتا فوقيا تلتقط أصداءه المنعكسة على الحواجز التي عليها تجنّبها وذلك بواسطة صيوان أذنيها.

وبإمكان الكلاب كذلك أن تلتقط الأصوات الفوقية، والكلاب البوليسية بالخصوص تستجيب لأوامر تبثّ عن طرق صفير فوصوتيّ.

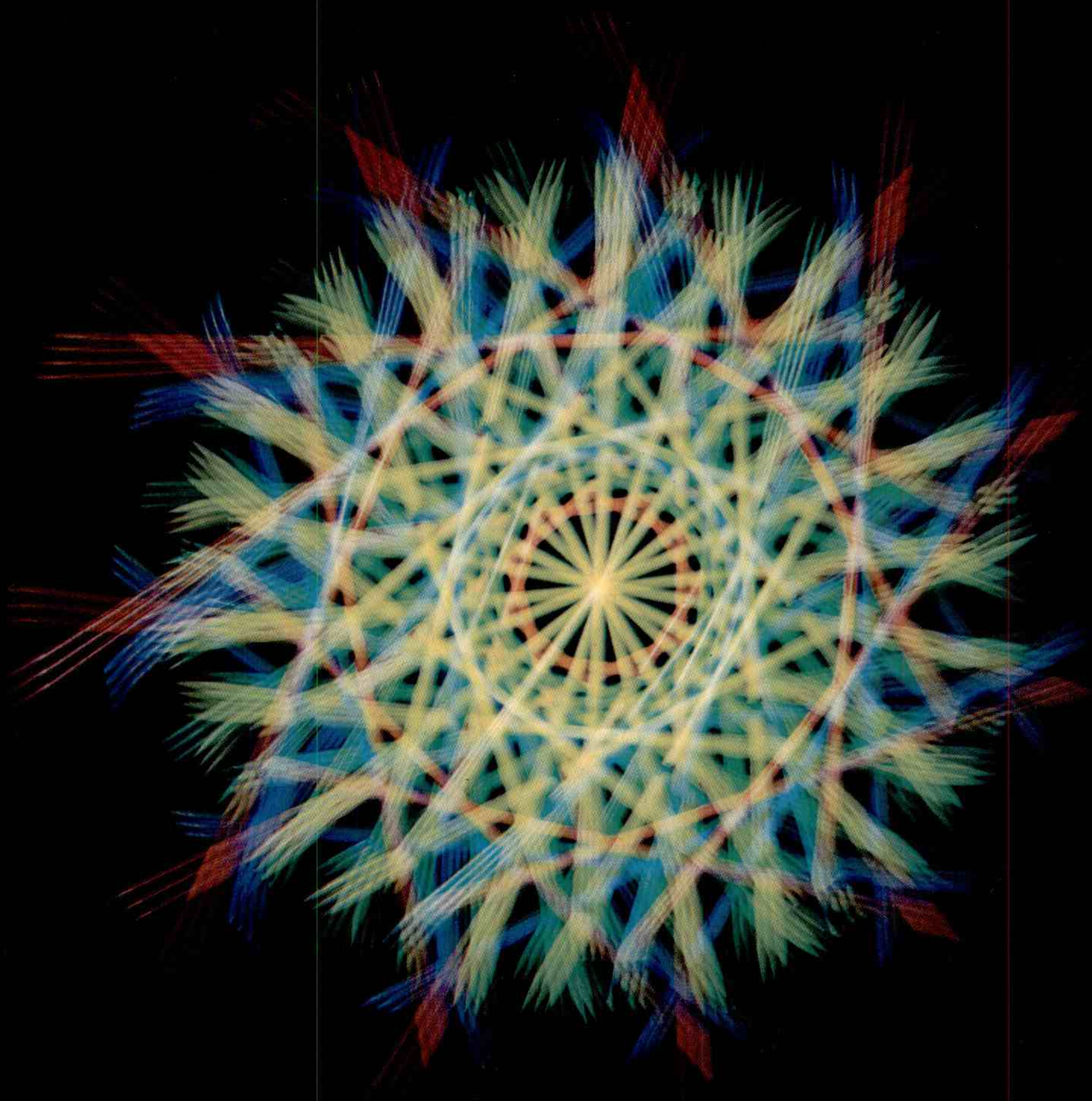
وفي السنوات الأخيرة اقتحمت الأصوات الفوقية مجال الاليكترونيات حيث تستعمل في الحاسوب الاليكتروني.



الأصوات الفوقية: هي التي لا يَتمكن مسمع الانسان من ادراكها، وهي ذات تردّد يفوق 20.000 هرتز، وتستعمل في الابحاث العلمية والعلاجات الطبية وخاصة لاصابات العضلات والعظام. ويستعمل لذلك جهاز جدّ متطور كما يظهر في **الصورة جانبه**.

الهامش: الوطواط وهو من الثدييات المجنحة يكاد لا يبصر لكنه يتحرك بفضل الأصوات الفوقية التي يصدرها فتنعكس على الحواجز أمامه.

الضـــــوء



خصائص الضوء

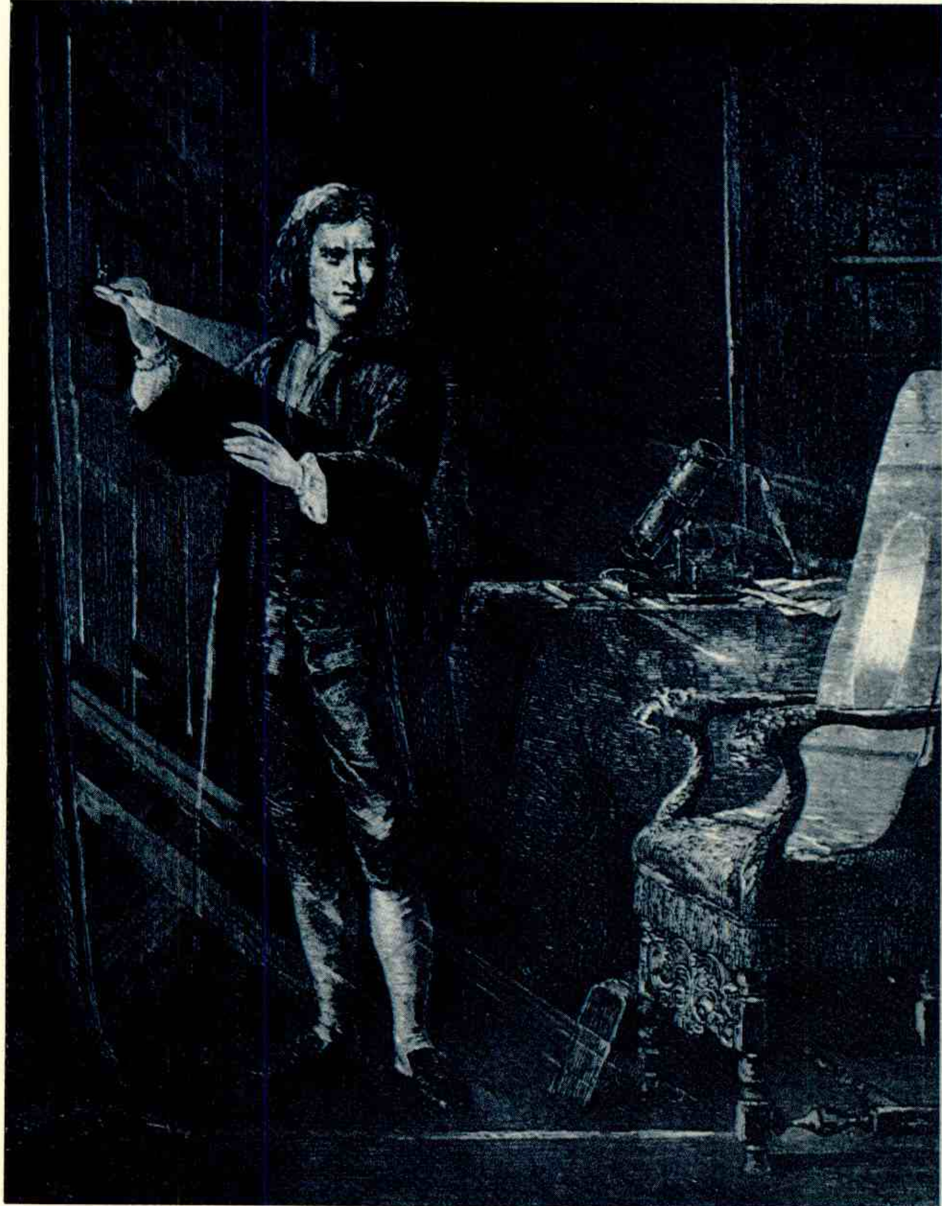
ماهو الضـــوء ؟

إن فهم وتفسير الظواهر الفيزيائية عبر التاريخ قد تطلب قرونا عديدة ظل خلالها الانسان يتنقل من محاولة إلى أخرى إلى أن اهتدى إلى ادراك أسرار أغلب ما يحيط به من عناصر الطبيعة والمادّة. وظاهرة الضوء من هذه العناصر التي حاول العلماء منذ العصور القديمة الاحاطة بطبيعتها وخصائصها وآليات انتشارها، إلاّ أن محاولاتهم النظرية آنذاك كانت تبوء بالفشل بمجرد القيام بتجريبها.

وكانت أوّل نظرية ذات أهمية في هذا المجال تعرف **بالنظرية الجسيميّة**، وهي تفترض أن الضوء عبارة عن تدفّق من الجسيمات الدقيقة التي تستطيع أن تخترق الأجسام أو تردّها الأجسام. ففي حالة البصر، تدخل إلى العينين وتثير الاحساسات البصرية.

وفيما بعد ظهرت **النظرية التموّجيّة** في أواخر القرن السابع عشر. وهي ترى أن الضوء عبارة عن إشعاع موجات مرنة تتمدّد وتنتشر عن طريق عنصر مادّي هو الأثْيَر الذي تغوص فيه جميع الأجسام. إلاّ أن هذه النظرية مالبثت أن أهملت مع مرور الزمن نظرا لما أسفرت عنه من تناقضات. وفي أواخر القرن التاسع عشر تمخضت التجارب المتكررة لعالمين فيزيائيين هما ماكسويل وهرتز عن نظرية ثالثة تعرف **بالكهرباء المغنطيسية أو الكهرطيسية**، ومفادها أن الضوء لا يتكوّن من موجات آلية ولكن من موجات كهربائية ومغنطيسية الكهرطيسية، ومفادها ان الضوء لايتكون من موجات آلية ولكن من موجات كهربائية ومغنطيسية تتنقل في الأوساط والفراغ، وتثير ظواهر الانعكاس والانكسار.

والحديث عن الضوء يقودنا حتما إلى التعرض للبصريّات وهي فرع في الفيزياء يعتمد على النظريات والتحاليل الرياضية والهندسية المعقّدة. وفيما يلي دراسة لاهم ظواهر البصريات، ونقصد فيها التبسيط والبرهنة الواضحة المرتكزة على الرسوم التبيانية عند الحاجة عوض الاقتصار فقط على سرد القوانين والنظريات المجردة التي يستعصي استيعابها لا محالة على غير المتخصصين.



لقد انشغل الانسان منذ العصور القديمة بمسألة الضوء ومصدره، إلاّ أن أهم النظريات العلمية حول طبيعة هذه الظاهرة وتجلياتها لم توضع إلاّ خلال القرون الأخيرة، ومن أهمها نظريات اسحق نيوتن في هذا المجال. ونراه في **الصورة جانبه** وهو منهمك في تحليل أشعة الضوء.

مصادر الضوء

عادة مايعرف **مصدر الضوء** بكونه كلّ جسم يتلألأ بفعل ضوئه الخاص، وفي الطبيعة تعد الشمس أهمّ مصدر ضوئي يتيح لنا النظر إلى الأشياء كما تشكل العنصر الأساسي بالنسبة لبقاء الكائنات الحيّة. وهناك مصادر ضوئية اصطناعية كالمعادن المسخّنة عند ما يفوق 800 درجة مئوية والشُّعَل التي تستعمل الهيدروكربورات (كالزيت والنفط) ثم أنانيب البخار او النيون.

وكل هذه المصادر المكوّنة من أجسام محترقة ترسل الضوء الذي يتغيّر لونه حسب درجة الحرارة. وهكذا فمن خلال لون الضوء يمكن تحديد درجة حرارة بعض الأجسام. فبالنسبة للشمس مثلاً، فإن درجة حرارتها السطحية قد حدّدت في 6000 درجة مئويّة.

وأغلب الأجسام المرئية منوَّرة، أي أنها تعكس ضوء أجسام أخرى. فالقمر الذي ينير الأرض ليلاً، لا يرسل ضوءا خاصّا به ولكنه فقط يقوم بعكس ضوء الشمس.

والأجسام المنوَّرة لا تعكس كلها نفس كمية الضوء، فالأكثر دكانة منها تمتص أكبر جزء منه، في حين تمتص الأجسام الفاتحة جزءا أقلّ.

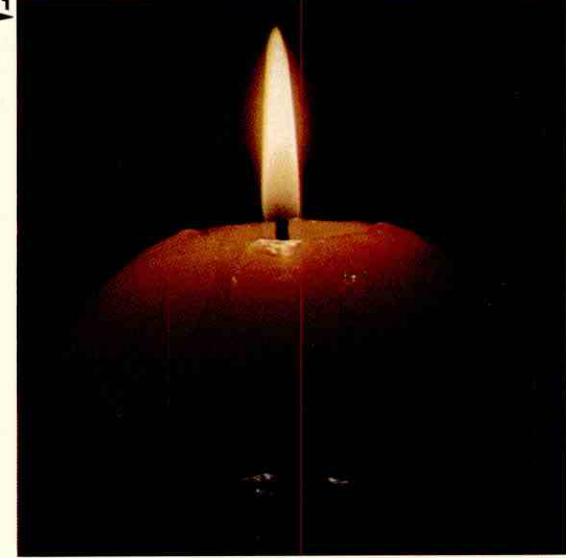
وتصنّف الأجسام من هذا المنظور إلى ثلاثة أنواع وهي الاجسام الشفافة والأجسام المُعْتِمة والأجسام النّصف شفافة أو الشفانيّة.

الاجسام الشفافة : وهي التي بإمكان الضوء

لماذا تنتج بعض الاجسام الضوء وأخرى تعكسه وأخرى تمتصه ؟

تسمى كل الأجسام التي تلمع بنورها الخاص «مصادر ضوئية» فلهيب الشمعة **(صورة 1)** من هذا المنظور مصدر ضوئي تقليدي، والمعدن الذائب في حالة توهجه كذلك مصدر ضوئي **(صورة 2)**، إلاّ أن الشمس تبقى دائما مصدر الضوء المتميّز **(صورة 3)**.

1



2



3



لماذا لا يخترق الضوء بعض الأجسام ؟

اختراقها ويمكن النظر من خلالها، وتكون شفافية الجسم مرهونة بطبيعة وبسمك الجسم نفسه. فماء البحر مثلاً إلى غاية عمق معيّن، يسمح بمرور أشعة الشمس من خلاله حيث يمكننا رؤية القعر وما به من اشياء وحيوانات، وحين يتعلق الأمر بعمق يتجاوز حدّا معيناً فإن ضوء الشمس لاينفذ الى القعر ولا تتأتى أية رؤية.

الأجسام المُعْتِمة : وهي الأجسام التي لا تسمح بالرؤية من خلالها ولا يتمكن الضوء من اختراقها. وبصفة عامة، فالخشب والمعادن من الأجسام المعتمة، وفي هذه الحالة كذلك يكون لسُمك الجسم نوع من الأهمية، ذلك أن شفرة ذهبية شديدة الرهافة لا تتيح الرؤية من خلالها ولكن بإمكان الضوء اختراقها.

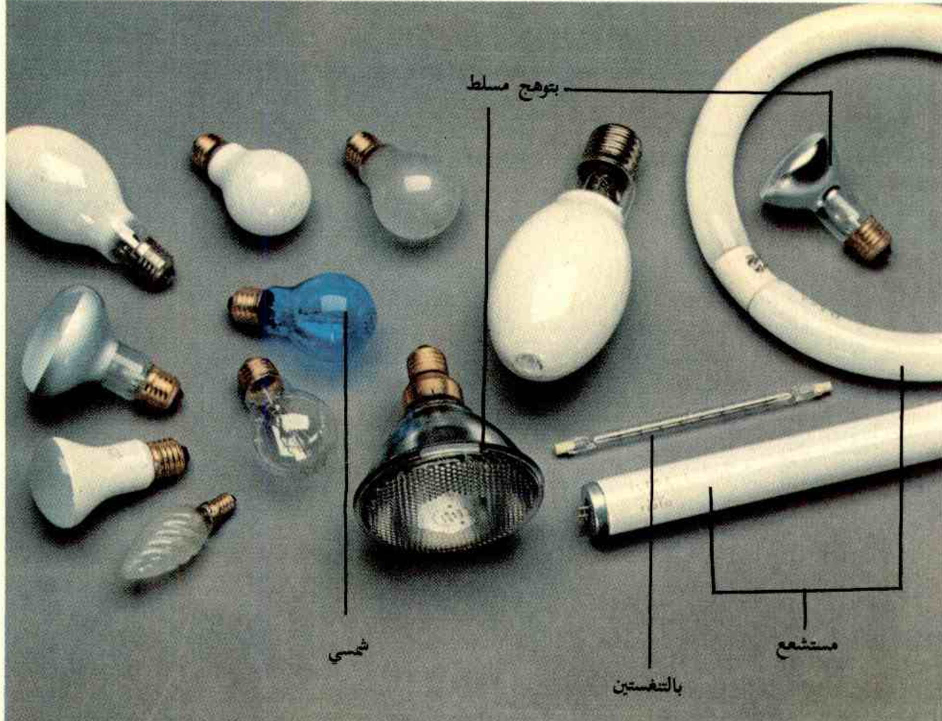
الأجسام الشّفانية : وهي أجسام يخترقها الضوء ولكنها لا تمكّن من رؤية جسم موضوع خلفها، والورق والزجاج المخَشّن من الاجسام الشفانية أو النصف شفافة.

من أشهر مصادر الضوء الحديثة، المصابيح الكهربائية نظرا لاستعمالها الواسع في حياتنا اليومية.
الصورة 1: مصباح مضيء.
الصورة 2: أهم أنواع المصابيح.
تصنف الاجسام، من حيث تمريرها للضوء، الى شفافة ومعتمة وشفّانية. في **الصورة 3** جسم معتم (كثيف) لا يسمح بمرور الضوء ولا تمكن الرؤية من خلاله. وفي **الصورة 4**: أشهر الأجسام الشفافة وهو الزجاج.

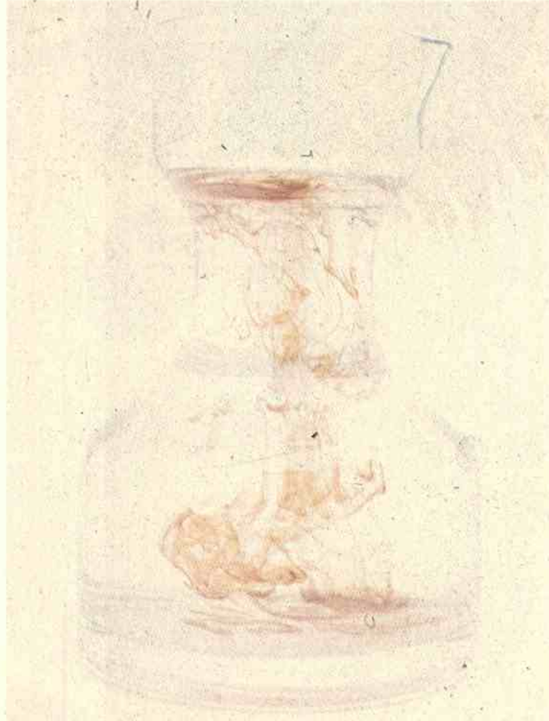


1


3



2


4

كيف ينتشر الضوء ؟

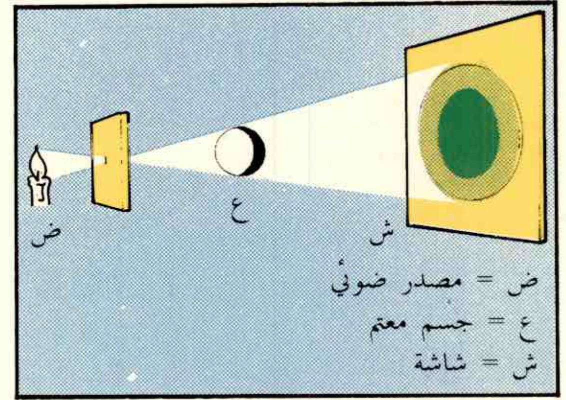
لماذا ينتشر الضوء في الفراغ أيضا ؟

الانتشار المستقيم للضوء

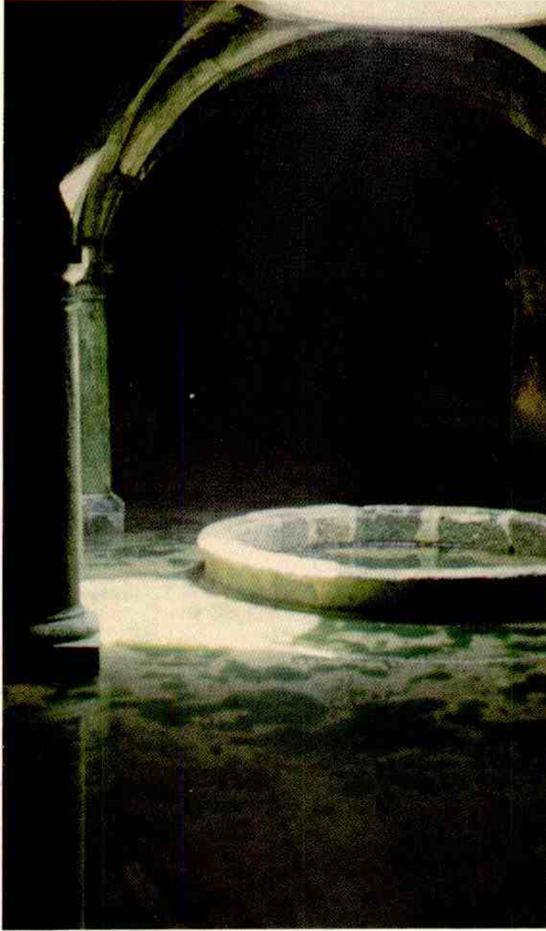
إن الضوء لايحتاج لأية دعامة لكي ينتشر ويتمدّد، فهو قادر على الانتشار في الفراغ كما هو الشأن بالنسبة لضوء الشمس الذي يكتسح الفضاء والاجواء.

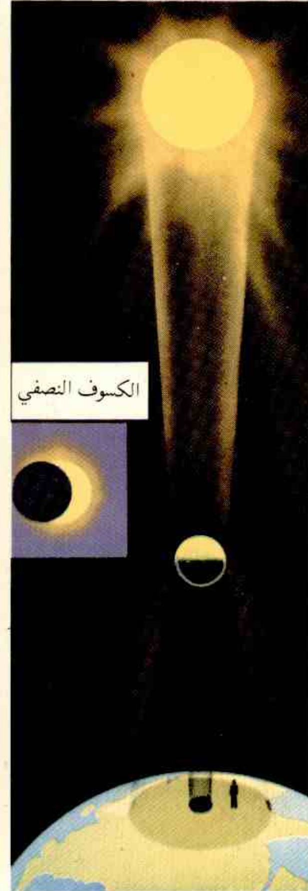
ومن خصائص الضوء كذلك، انتشاره وفق خط مستقيم، ويمكننا معاينة ذلك بسهولة. فإذا انتبهنا إلى الضوء المتسلّل من خلال فتحة نافذة أو كوّة في غرفة مظلمة، حيث ينير ذرات الغبار المعلقة في الهواء، فإن ذلك الضوء يظهر لنا. بمثابة خطّ مستقيم يخترق عتمة الغرفة.

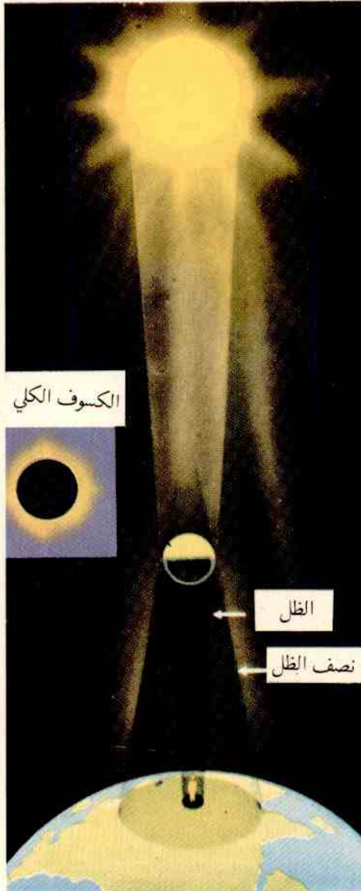
ويمكن وصف هذه الظاهرة من النأحية العلمية انطلاقا من معاينة مصدر ضوئي معيّن. فلنضع أمام هذا الجسم المضيء جسما معتما وخلفه شاشة، كما في الرسم التالي :

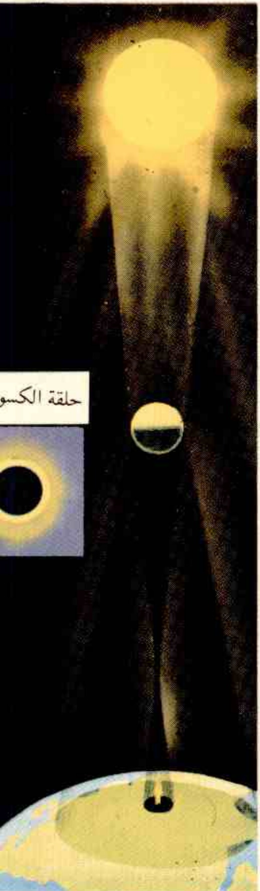


فكما يظهر من خلال هذا الرسم، فالضوء ينطلق من المصدر (ض) وينير الجسم المعتم (ع) ثم يعكس على الشاشة (ش) ظل الجسم المعتم. ويدل هذا على أن الضوء لا يتجنب الحاجز المتمثل في الجسم المعتم (ع) ولكنه يتقدم وفق خط مستقيم. ويمتص الجسم المعتم (ع) الضوء الذي يسلّط عليه مباشرة تاركاً الأشعة الخارجة عن المخروط المكوّن انطلاقا من المصدر (ض)، ولهذا المخروط ضلعان مُمَاسّان للجسم المعتم (ع)، وللتذكير فالخطّ المُمَاسّ هو الخط المستقيم الذي يلامس منحنىً عند احدى نقطه.









ينتشر الضوء في الفراغ أيضا، وذلك ما تؤكده أشعة الشمس، وتنتشر هذه الأشعة، على غرار باقي أنواع الأشعة الأخرى، بكيفية مستقيمة كما يظهر في **الصورة اعلاه:** فالضوء الذي ينفذ داخل هذا السرداب العتيق يشكل مخروطا بارزا من خلال الجسيمات المكونة للهواء.

جانبه: يمثل خسوف القمر مثالا نموذجيا لانتشار الاشعة على نحو مستقيم، فالاشعة الصادرة عن الشمس تصادف في طريقها نحو الأرض جسما معتما وهو القمر، آنذاك يسلط القمر على جزء من الأرض مخروطا من الظل يكون داكن المركز وأقل ظلمة في الجوانب على كيلمترات متعدّدة.

كيف تمّ تحديد سرعة الضوء ؟

سرعة الضــوء

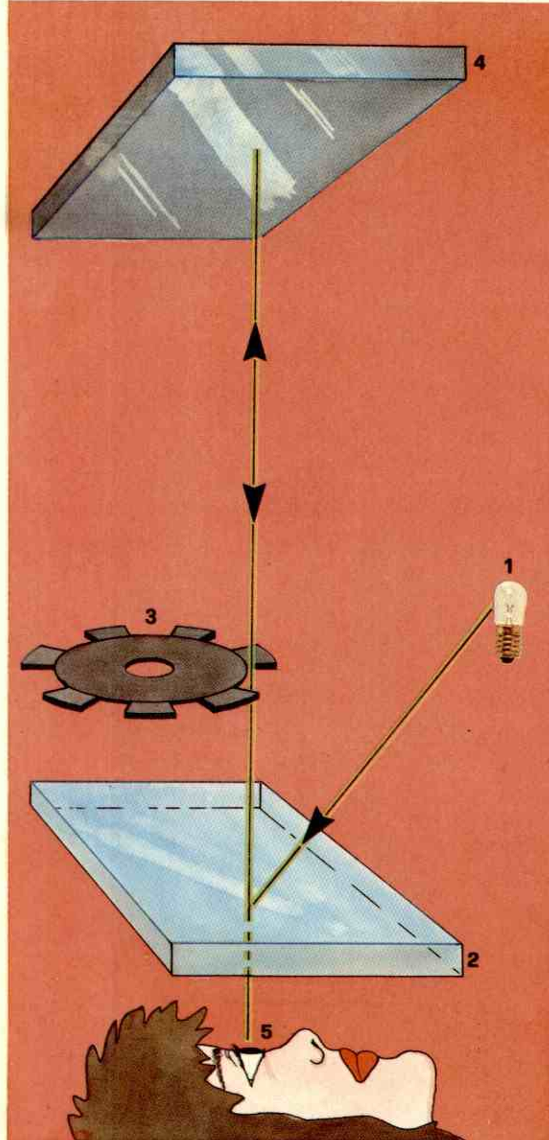
كما هو معلوم فقد سبق لغاليلي أن حاول قياس سرعة الضوء بطريقة مبسّطة . إذ وضع رجلين على مسافة قصيرة أحدهما من الآخر وبيد كل منهما مصباح وشاشتان إحداهما أمام الأخرى .

ورمزّ للرجلين بالحرفين «أ» و «ب» . وكان على «أ» أن يكشف عن مصباحه وعلى «ب» أن يفعل مثله فور ابصاره لضوء مصباح «أ» . وهكذا يتم الحصول على سرعة الضوء بتطبيق القاعدة التالية : س = 21/ز ، حيث يمثل العدد 21 المسافة الفاصلة بين «أ» و «ب» وعودة الضوء في حين يرمز حرف «ز» إلى الفاصل الزمني بين اللحظة التي كشف فيها «أ» عن مصباحه واللحظة التي أبصر فيها نور مصباح «ب» .

الّا أن سرعة الضوء كانت أقصى مما كان يتصوره غاليلي ولذلك فقد باءت تجربته بالفشل .

الرسم أسفله: يعتبر هيبوليت فيزو Hyppolite Fizeau (1849) أول عالم حاول قياس سرعة الضوء. وقد وضع منهج «العجلة المسنّنة» وبها مصدر (1) يرسل حزمة من الاشعاعات على ثريا زجاجية نصف شفافة (2) تعكسها تعامديا مع المرآة (4). وعلى طول المجرى (1 – 5) وضعت عجلة (3) ذات أسنان تفصل بينها نفس المسافة. وعندما تكون العجلة ساكنة أو حين تدور ببطء شديد، يتمكن الشعاع من المرور بين سنّين ليصل الى المرآة ثم يعود الى المشاهد مرورا بنفس الفاصل. أما عندما تدور العجلة بسرعة كبيرة فإن الشعاع لا يتمكن من الوصول الى المشاهد لأنه ما يلبث أن يصادف في طريقه سنا تلو أخرى تحتل بالتعاقب السريع اماكن الفواصل. وهكذا حين نقسم الفضاء على الزمن اللازم لعبوره، فسنحصل على سرعة الاشعاع.

جانبه: إن الفارق بين سرعة الانتشار بين الضوء والصوت يجعلنا نرى البرق قبل أن تسمع دوي الرعد.





وفيما بعد تمكن العالم الفرنسي فوكو من تحديد سرعة الضوء بعد أن استفاد من تجارب فيزو . وكانت القيمة التي توصل إليها هي 298.000 كيلمترا في الساعة . كما أن دراسات حديثة انتهت إلى وضع قيمة جديدة تقدر بـ 299.796 كيلمتر في الساعة وقد اتفق على تحويلها إلى 300.000 كلم / س وهي قيمة السرعة التي يمتد بها الضوء في الفراغ والهواء .

شدّة الضوء والانارة

من الملاحظ أن الأجسام المعرضّة لضوء الشمس أو لمصدر ضوئي آخر تُدفّأ ، إلّا أن الداكنة منها تدفأ أكثر من الفاتحة . وقد رأينا سابقا أن التسخين علامة امتصاص الطاقة ، ولذلك يمكن استنتاج أن الضوء ينقل الطاقة طوال المسافة التي يقطعها عند امتداده .

ولكي تتم مقارنة مختلف المصادر الضوئية لابد من إضافة مفهومين جديدين هما **شدّة الضوء** و **شدّة الانارة** ، إذ تتم المقارنة على أساس الضوء المرسل والطاقة الاشعاعية .

و **الشدّة الضوئية** طاقة التي يرسلها مصدر ضوئي في ثانية واحدة . و وحدة قياسها هي الواط .

أما **شدّة الانارة** فهي الطاقة التي تصل في ثانية واحدة إلى سطح مساحة متر مربع واحد وهي تقاس بالواط

ومن الناحية الفيزيولوجية ، لايكون الاحساس بالضوء الذي يثيره مصدر ما مرهونا فقط بالطاقة ولكن كذلك بعوامل أخرى مختلفة مثل شكل المصدر ولون الضوء وتنوع الأجسام التي يسلّط عليها الضوء . وقد تمت دراسة المقادير التي تقيّم الشدّة الضوئية وشدّة الانارة دون اعتبار الطاقة ، إذ اعتمد فقط على التأثيرات الفيزيولوجية .

وتعرف هذه المقادير بالمضوائيّة ويعبّر عنها بوحدات حدّدت مباشرة بواسطة معيار مختار أساسه الشمعة . والشمعة هي عشر جزء فيل الموافق لشدة ضوء مصدر من البلاتين مساحته سنتيمتر مربع وبدرجة حرارة ذوبان البلاتين نفسه ، تؤخذ في اتجاه متعامد مع السطح الذي توجه نحوه . والشمعة التي تتداول عالميا هي شمعة الحبابة الكهربائية المعيارية المزوّدة بتيار ذي شدة قارّة .

كيف تقاس كثافة الضوء ؟



1▲



2▲

▼3



الصورة 1: الموضاع. وهو آلة لتقييم كثافة الضوء الموجود في مكان معين. ويستعمل هذا التجهيز في ميدان التصوير الفوتوغرافي.

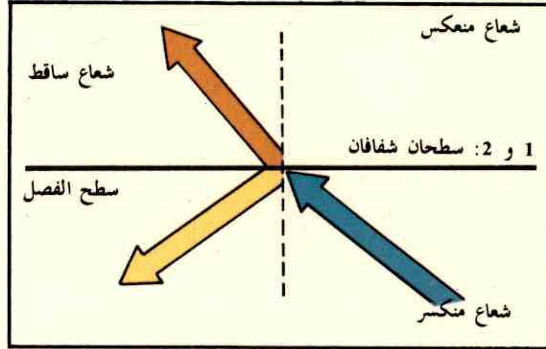
الصورة 2: ترسل الشمس ضوءا متفاوت القوة حسب ساعات النهار وتواجد السحب وعوامل جوية أخرى. ولذلك تعتبر كوكبا متعدد الكثافات الضوئية.

الصورة 3: عاكس النور (أو كمة المصباح)، ومن الواضح أن كثافة ضوئه جدّ منخفضة.

لماذا ينعكس الضوء ؟

الانعكاس والانكسار

في معرض حديثنا عن السمعيات رأينا أن الموجات المرنة إذا كانت في ظروف معينة ، قد تتعرض لظاهرتي الانعكاس أو الانكسار . ونفس الشيء ينطبق على الموجات الضوئية . فإذا اعتبرنا شعاعا ضوئيا يلتقي بسطح يفصل بين وسطين شفافين مختلفين ، فإن التّجربة تبين لنا أن ذلك الشعاع يولّد شعاعين مختلفين أحدهما منعكس والآخر منكسر .

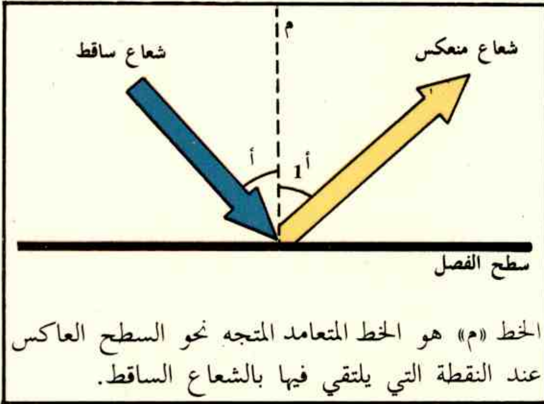


من خلال الرسم ، نلاحظ أن الشعاع المنعكس يرتطم بالسطح ثم يعود نحو الوسط الأول ، وأن الشعاع المنكسر ينفذ إلى الوسط الثاني ويتمدّد فيه . وفق اتجاه مختلف عن اتجاه الشعاع العارض .

وفيما يلي دراسة لكل من ظاهرة الانعكاس وظاهرة الانكسار .

الانعكاس

لنعد إلى الرسم السابق ونعاين فقط مايحدث في الوسط الأول «ع» الذي يوجد به الشعاع المنعكس .

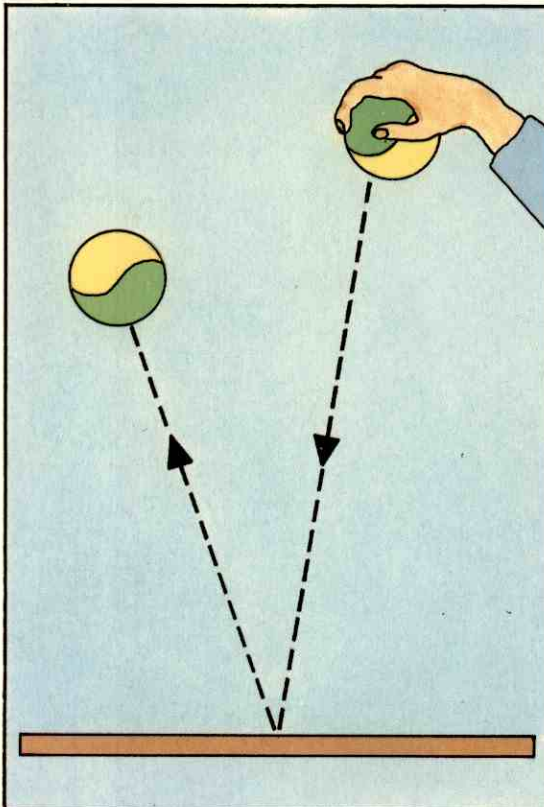


الخط «م» هو الخط المتعامد المتجه نحو السطح العاكس عند النقطة التي يلتقي فيها بالشعاع الساقط.

نلاحظ أن الخط المستقيم «م» يشكّل زاويتين «أ» و «أ1» الأولى مع الشعاع العارض والثانية مع الشعاع المنعكس . وبمعاينة الرسم يمكن فهم قانوني الانعكاس ، وهما كالتالي :

عندما ينتقل شعاع ضوئي من وسط الى آخر، كمروره من الهواء الى سطح مصقول، ينعكس على سطح الانفصال بين الوسطين. ولفهم هذه الظاهرة يستعمل مثال كريّة المضرب التي ترتطم بالارضية ثم نقفز الى أعلى **(أسفله)**.

الصورة جانبه: انعكاس القصر على الماء.





لماذا تعكس السطح المصقول الضوء ؟

أ) إن الشعاع العارض والخط المتعامد مع السطح العاكس والشعاع المنعكس ، دائما على نفس المستوى

ب) إن زاوية السقوط «أ» تساوي زاوية الانعكاس

ويجب التذكير بأن الانعكاس يكون حين يمسّ الضوء سطحا مصقولا . أما إذا كان السطح خشنا كأرضية متموّجة مثلا ، فإن الأمر يتعلق **بالانتشار** . وفي هذه الحالة تخضع الأشعة العارضة لقانوني الانعكاس ، غير أن أشعتها المنعكسة تكون لها اتجاهات مرهونة بالصدفة .

المرايـا :

المرآة سطح عاكس مصقول إلى أبعد حدّ . وهناك نوعان من المرايا : المرايا المسطّحة والمرايا المنحنيّة .

فالمرايا المسطّحة هي التي تتوفر على سطح مسطّح ويمكن للانسان أن يصنعها وقد تكون موجودة في الطبيعة على شكل صفحات البحيرات والأنهار .

ولنتناول مرآة عادية ونقم بتجربة بسيطة : لنضع أمامها كتابا مفتوحا وسنرى أن حروفه تنعكس مقلوبة على المرآة . ونفس الشيء يحدث حين ننظر إلى وجهنا في المرآة كل صباح . وإذا رفعنا اليد اليمنى فستظهر على المرآة عند اليسار أما اليسرى فسوف تظهر على اليمين ، ويعني كل هذا أن الصورة المعكوسة على صفحة المرآة ليست مطابقة للشيء الحقيقي ولكنها تكون مماثلة معها أي أن هناك تماثل بين الأطراف المتعارضة والمتقابلة . وفيما يلي محاولة لتفسير هذه الظاهرة .

الصورة السفلى: المرآة في حياتنا اليومية: نلاحظ الصورة المعكوسة لكتاب، وأحيانا نتردد في تمييز الشيء عن صورته المنعكسة على المرآة. في الرسم **أسفله**، وهو مقتطف من مؤلف لجوهان جواشيم بيكير Becher (1863) (Psychosophie)، تظهر دراسة للضوء ومركباته ودور المرآة.

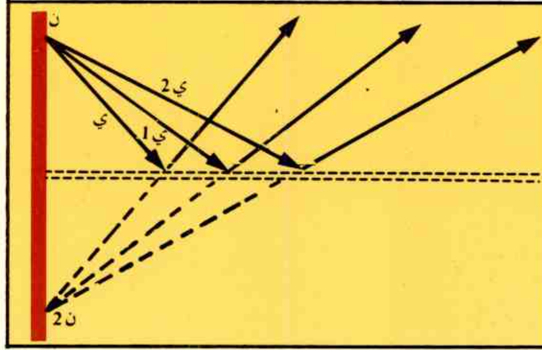
الرسم جانبه: إذا سلطت الأشعة الضوئية على سطح جدّ مصقول، يحدث الانعكاس (1)، أما إذا كان ذلك على سطح خشن فالامر يتعلق بانتشار (2).



لماذا تعكس المرآة الصورة مقلوبة ؟

إذا طبّقنا على الأشعة «ش» و «ش١» و «ش٢» قانون الانعكاس ، فسنحصل على سلسلة من الأشعة المنعكسة التي تتباعد فيما بينها ، إلا أنه حين نتمعن في امتداداتها ، نلاحظ أنها تلتقي كلها عند نقطة واحدة (ن 1) متماثلة بالنسبة للمرآة . والمشاهد الذي يقف أمام المرآة يتوهّم أن كل الأشعة المنعكسة تنطلق من النقطة (ن1) التي هي صورة افتراضية للنقطة (ن) . وهي افتراضية لأنها غير موجودة وبالتالي لايمكن لشاشة أن تستقبلها .

المرايا المنحنية : وهي مكونة من سطح منحن أو مقوّس مصقول وتكون إمّا مقعّرة أو مُحدَّبة .

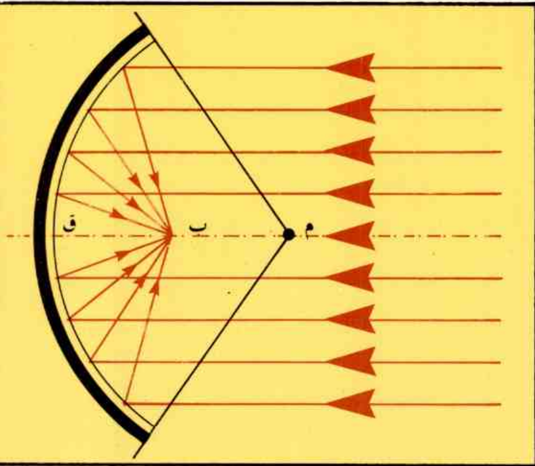


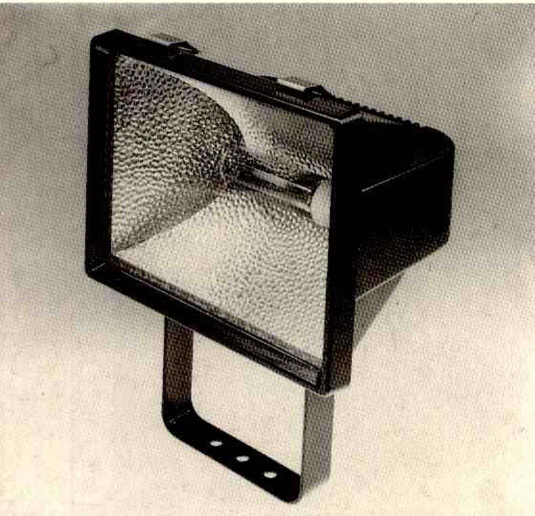
أ) **المرايا المقعّرة** ، وهي في الواقع عبارة عن قبيبة كرويّة يكون جزؤها الداخلي هو العاكس .

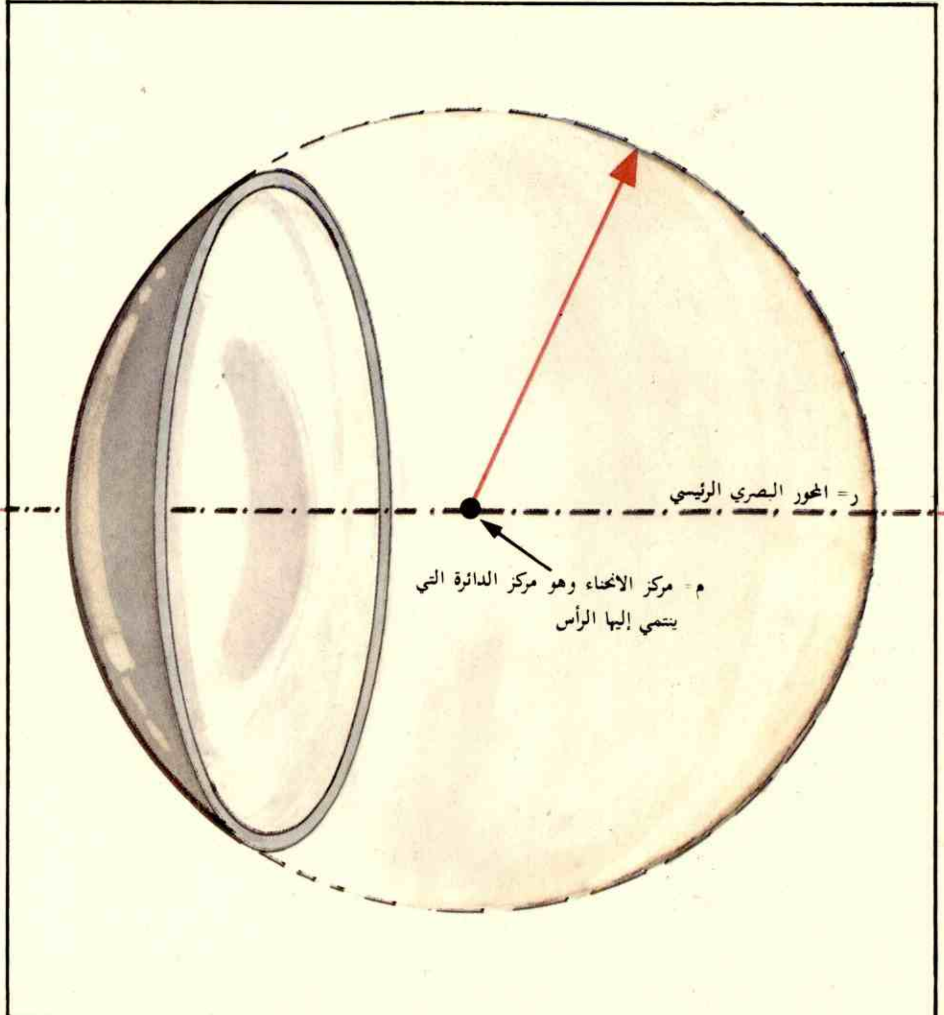
ولنعاين الآن حزمة الأشعة المتوازية لنرى أنها تحدث أشعة منعكسة تلتقي كلها عند نقطة واحدة تعرف **بالبؤرة** ، وتوجد تقريبا عند منتصف القطعة التي تصل مركز الاحديداب بالقمة . والمسافة الفاصلة بين القمة والبؤرة هي **المسافة البؤرية** .

وتستعمل مرايا منحنية خاصة لصناعة المصابيح الكشافة والأجهزة المعدّة للتنوير القوي وتسليط الضوء على أشياء بعيدة عن مصدر الضوء . وقد سبق لأرخميدس أن استعمل المرايا المقعّرة لتسليط أشعة الشمس على المراكب

الرسم جانبه : مرآة محدبة ، بجزء مقعر
الرسم أسفله : في مرآة مقعرة توجد بؤرة تنعكس فيها كل الأشعة وتلتقي . وتوجد هذه البؤرة تقريبا عن نصف المقطع الذي يجمع مركز الانحناء (ن) والقمة (ق) والمسافة ن – ق هي المسافة البؤرية .
في الصورة : مصباح وسطه مرآة مقعرة تساتل الأشعة الضوئية المتوازية نحو البؤرة







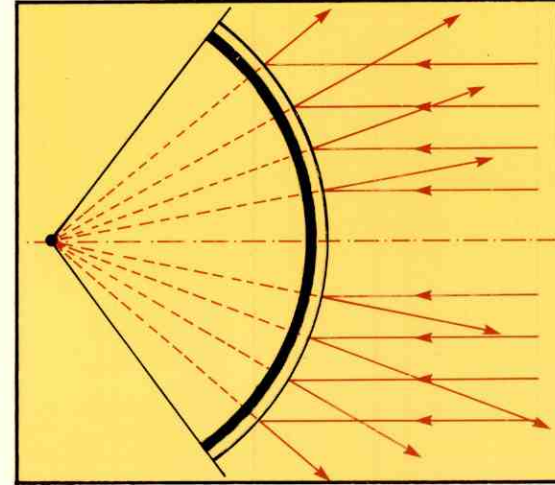


الصورة العليا: مظهران لملعقتين لتمثيل بعض نماذج المرايا المقعرة والمحدبة.

الرسم أسفله: مرآة محدبة تقوم بتفريق حزمة اشعة متوازية وكأنها صادرة عن بورة (ب). وتتكون بذلك صورة مصغرة كما هو الشأن بالنسبة للمرآة الارتدادية في السيارات.

في الصورة: مرآة ارتدادية.

الرسم جانبه: مختلف أوضاع الشيء بالنسبة لمرآة مقعرة.





الرومانية وإحراقها .

وتختلف الوضعيات باختلاف موقع الشيء المعني بالأمر . فلنفترض توفّر مصدر ضوئي منتظم ومرآة مقعّرة ذات زاوية انفتاح ثم شيء معيّن . آنذاك سنكون أمام عدة حالات يمكن عرضها كالتالي :

أ) الشيء موجود بين الغير المتناهي ومركز الانحناء : عند ذلك تكون الصورة حقيقية ومقلوبة ومصغّرة .

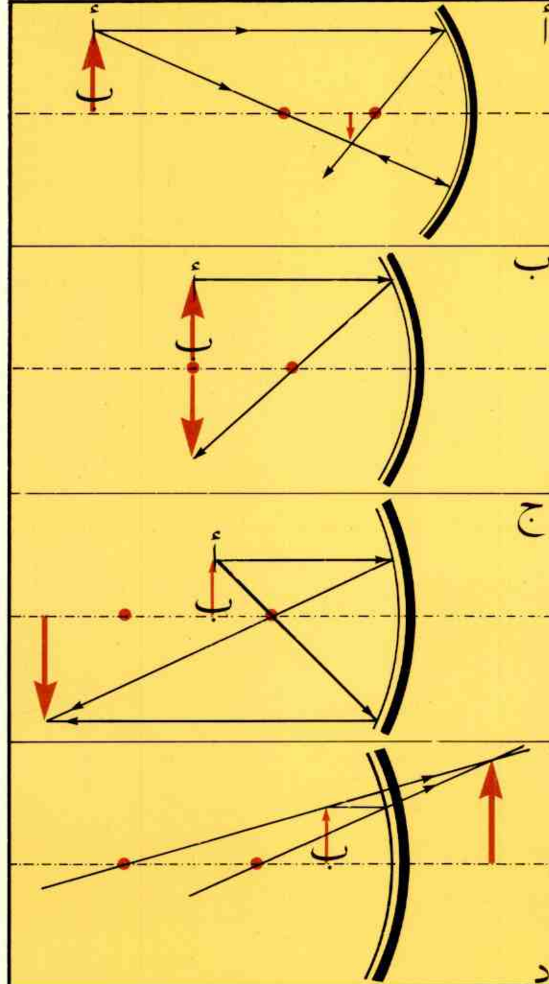
ب) الشيء واقع في مركز الانحناء : في هذه الحالة تكون الصورة حقيقية ومقلوبة وبنفس مقاييس الشيء ذاته وعلى نفس المسافة من القمة .

ج) الشيء يقع بين البؤرة والمركز : في هذه الحالة تكون صورته مقلوبة ومكبّرة .

د) الشيء واقع في البؤرة : عند ذلك تكون الصورة افتراضية ولا يمكن استقبالها على شاشة .

هـ) الشيء واقع بين البؤرة والمركز : وفي هذه الحالة تكون صورته افتراضية وواقفة ومكبّرة .

ب – **المرايا المحدّبة** : وهي المرايا التي يوجد جزؤها العاكس خارج القبيبة الكرويّة وفي هذه المرايا تتشكل الصورة دائما خلف السطح العاكس وبالتالي فهي تكون افتراضية .



لماذا تعكس المرايا المنحنية الصورة مشوهة ؟

في الهامش: بواسطة مرآة، يمكن اشعال سيجارة؛ فالمرآة تساتل الأشعة الضوئية وتجمعها في نقطة من السيجارة لتشعلها بعد لحظات قليلة.









لماذا تظهر العصا في الماء وكأنها منقسمة الى جزأين ؟

الانكسار

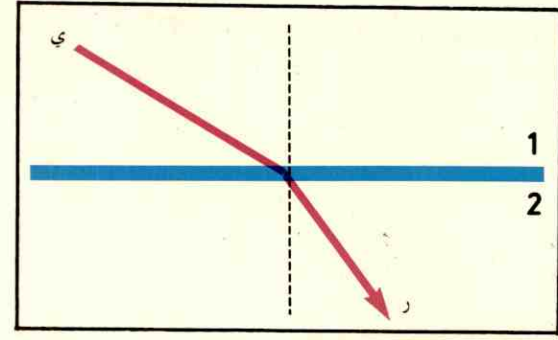
إن ظاهرة الانكسار من السهل جدّا إدراكها من خلال تجارب بسيطة . فيكفي أن نأخذ غصنا ونغطّسه في الماء لنرى أن جزءه المغمور بالماء يظهر وكأنه مقطوع أي أن هناك تباينا بين اتجاهه واتجاه الجزء الأعلى الموجود خارج الماء .

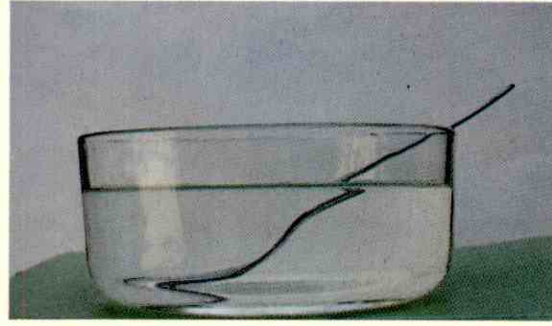
كيف ينشأ السراب ؟

وللانكسار كذلك قوانين متعدّدة نذكر من بينها **القانون الأول والأساسي والذي يقول : إن الشعاع الساقط والخط المتعامد مع سطح انفصال وسطح عند نقطة السقوط ثم الشعاع المنكسر، كلها عناصر توجد على نفس المستوى أو السطح.**

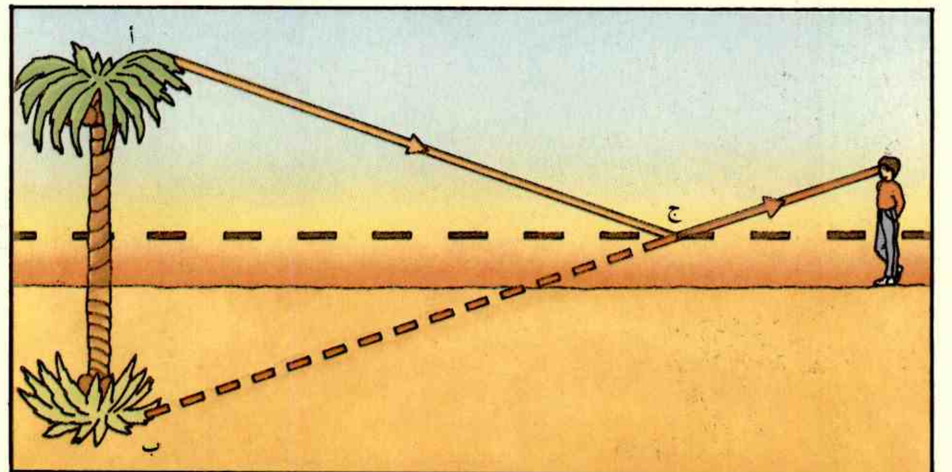
أما القانون الثاني فيقوم على مفاهيم ومعطيات علم حساب المثلثات ، ولذلك سنكتفي فقط بالقول : إن كل وسط يمر منه الضوء له مؤشر انعكاسي خاص به ، وبإمكان كل وسط أن يكسّر الضوء الذي يستقبله .

ولظاهرة الانكسار عدة تأثيرات نذكر منها **السّراب** فالسراب ينتج عن التقاء شعاع ضوئي بطبقات هواء أشد حرارة منه ، حيث يبتعد عن الخط المتعامد إلى أن ينكسر تماما ، وتحدث هذه الظاهرة بالخصوص في الأيام الصيفية المرتفعة الحرارة وفي الصحاري .









في الصورة السفلى: يمكن التأكد من ظاهرة الانكسار من خلال التجربة التالية فالملعقة المغطوسة في الماء تظهر وكأنها مكونة من جزئين :

الجزء الغاطس والجزء الخارجي . ويفسر ذلك بكون صفحة الماء تشكل سطح فصل بين الوسط الأعلى وهو الهواء وبين الوسط الأسفل وهو الماء .

وبما أن الشعاع المنكسر (الجزء الغاطس) لا يرسم أبدا نفس الزاوية التي يرسمها الشعاع الساقط (الجزء الخارجي) كلاهما بالنسبة لخط متعامد افتراضي على السطح عند نقطة السقوط ، فإن الملعقة تظهر لنا وكأنها مقطوعة .

الرسم 1: رسم بياني لتجربة الملعقة . س : الشعاع الساقط ع= خط التعامد ، .ش= الشعاع المنكسر : (1) : وسط أعلى (الهواء) ؛ (2) : وسط أسفل (الماء) .

الصورة جانبه : مثال معقد لنظام الانعكاس – الانكسار : تبدو العصا الغاطسة وكأنها مقطوعة إضافة إلى تكون الانعكاس .

الرسم 2 : السراب : تنعكس صورة النخلة (أ) في (ج) على طبقة هوائية حارة تقع قرب سطح الأرض ثم تتجه نحو عين المشاهد ويظن هذا الأخير أنه يرى النخلة (أ) وانعكاسها (ب) كما لو أن على حافة النخلة بركة ماء والتي ليست في الواقع سوى امتدادا للسماء .

الموشور البصريّ

يكون الموشور البصري عادة مثلث الشكل ومن مادّة شفافة، وزاوية انكسار الموشور هي تلك الزاوية التي تكوّنها الواجهتان.

وبفضل الموشور البصريّ، يمكن تفكيك وتحليل شعاع ضوئيّ مركّب، كشعاع الشمس مثلا أو شعاع حبابة كهربائية، إلى حزمة من الأشعة المختلفة الألوان. ويتعلق الأمر بظاهرة **التبدّد**. ولفهمها يمكن القيام بتجربة سبق لنيوتون أن لجأ إليها خلال القرن السابع عشر. ولنأخذ موشورا مثلّثاً كحميلة مصباح مثلا، ولنضعه في غرفة مظلمة، ثم نترك شعاع الشمس ينفذ الى الغرفة من فتحة صغيرة بحيث يسلّط على الموشور ويخترقه، سنلاحظ آنذاك على الجدار المقابل حزمة من الألوان تتراتب حسب ترتيب انكسار متزايد أي من الأحمر إلى الأخضر فاللازوردي ثم النيلي والبنفسجي. وهي الألوان التي تكوّن الطيف الشمسي الذي يظهر في الطبيعة على شكل قوس قزح المعروف. فعندما تكون العاصفة تعمل القطرات المتبقية بمثابة موشور يكسر الأشعة الشمسية.

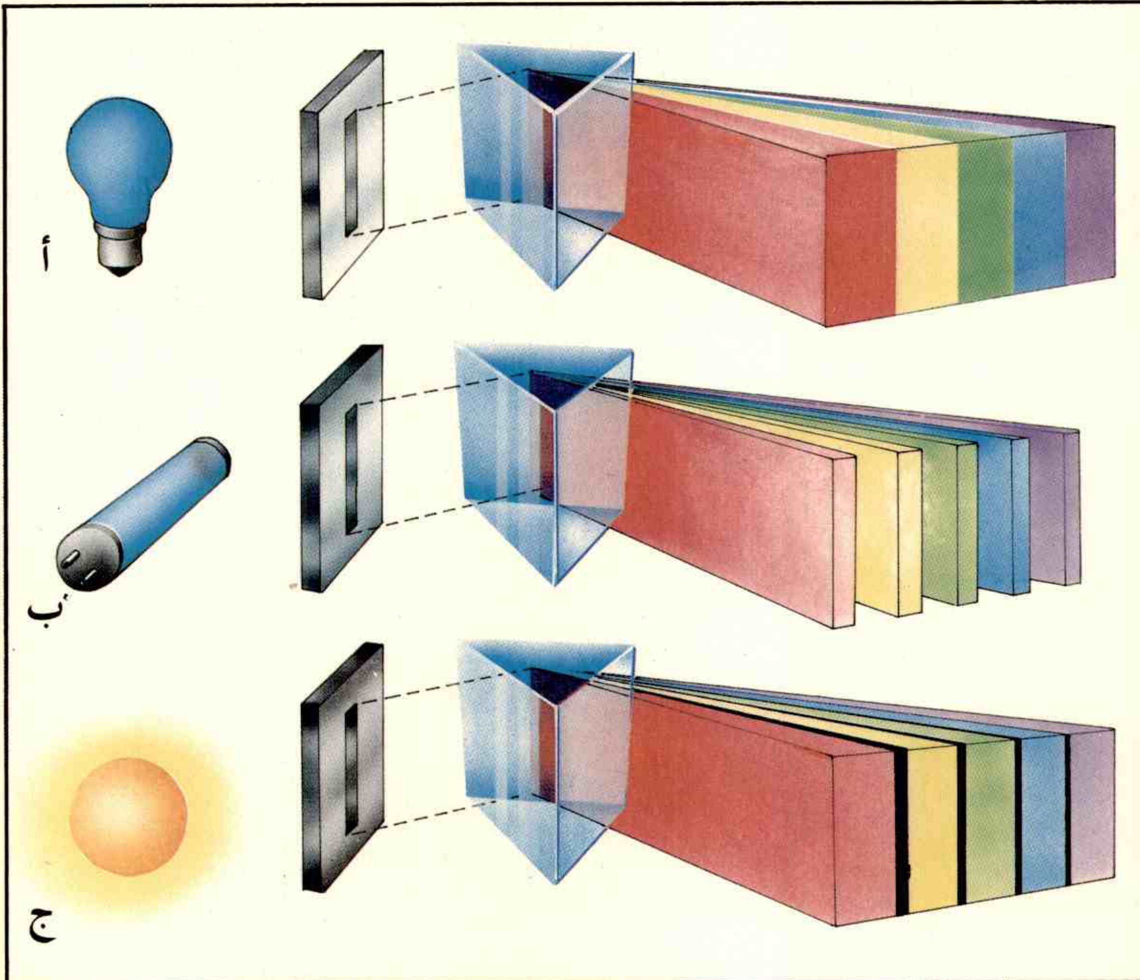
وإذا قمنا بتمرير شعاع واحد من هذه الأشعة الملوّنة من خلال الموشور فإن ظاهرة التبدّد لن تحدث لأنها تخص فقط الضوء المركّب.

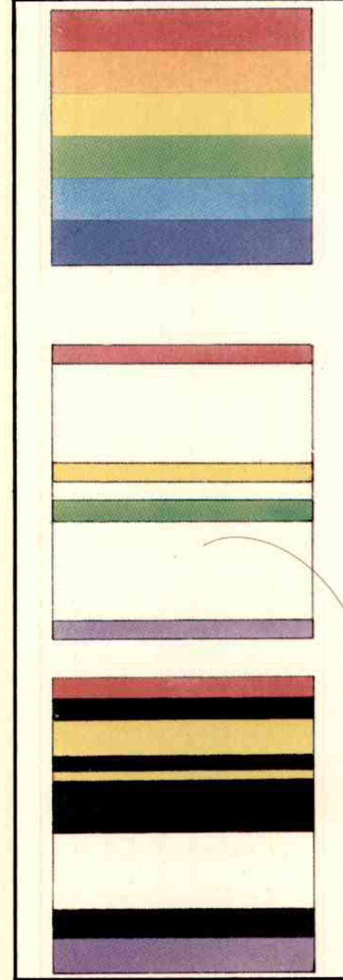
لماذا لا تتغير الوان قوس قزح ؟

من الممكن أن يحلل الضوء المنبعث من مصدر ما بواسطة موشور بصري، قائم على مبدإ التبدّد بسبب الانكسار. ويظهر الشعاع الضوئيّ المحلّل بهذه الطريقة على شكل سلم للألوان المكوِّنة لقوس قزح. ويحدث ذلك أيضا في السماء بعد العاصفة حيث تلعب قطيرات المطر المعلقة في الهواء دور الموشور مُشَكِّلةً بذلك قوس قزح البديع (**الصورة**).

في الرسم: أ. تحليل لشعاع ضوء صادر عن جسم متوهّج (المصباح)؛ ب. تحليل شعاع ضوء صادر عن غاز ذي ضغط منخفض (النيون)؛ ج. شعاع شمس مع طيفه. ضوء الشمس (1) الممتص جزئيا وهو يخترق المواقع الخارجية (2) ليشكل طيف الامتصاص (3).







البصريات

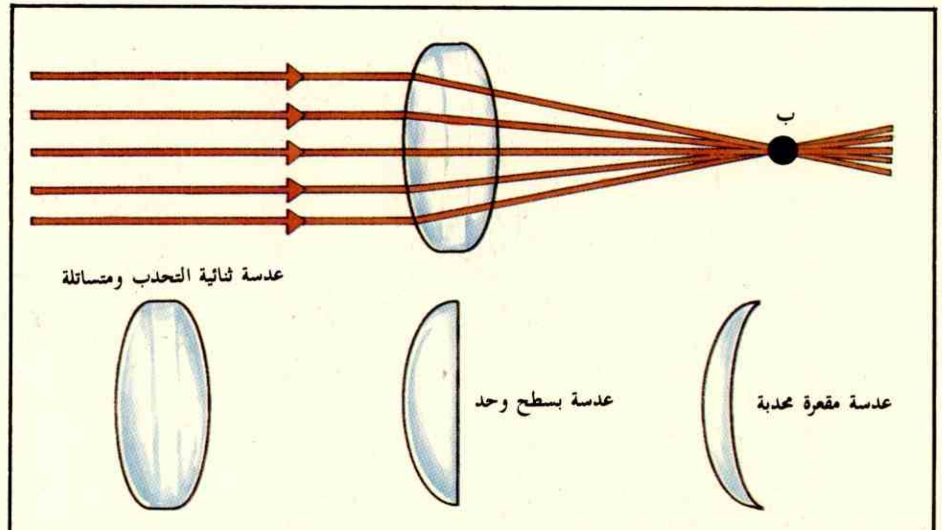
كيف تعمل العدسات ؟

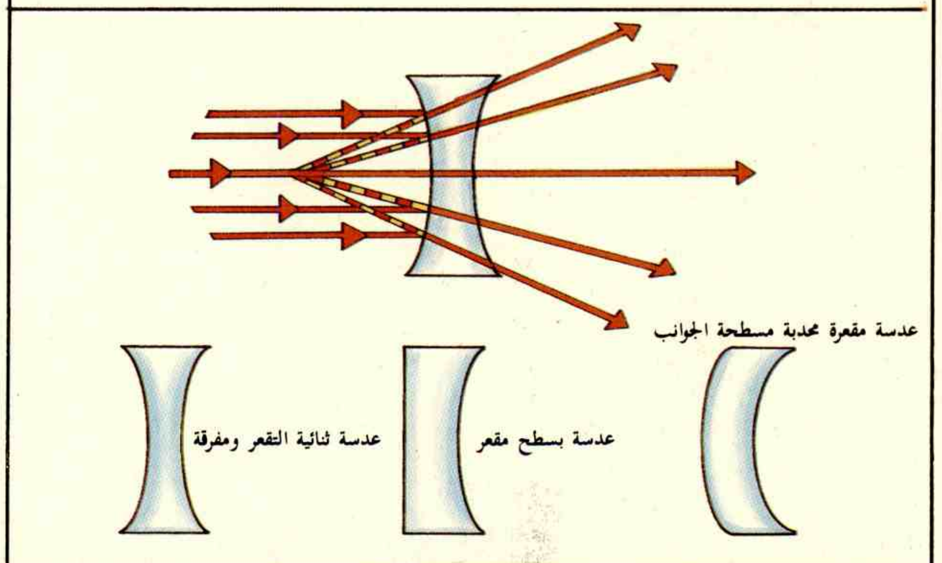
العدسات

العدسة جسم شفّاف يحدّه سطحان يكون أحدهما على الأقل منحنياً . وهناك عدسات **لامّة** أو مجمّعة وعدسات **مفَرّقة** .

فالعدسات المجمّعة هي التي تجمع في نقطة تقع في أحد وجهي العدسة ، أشعة متوازية مع المحور الرئيسي تكون قادمة من الوجه الآخر كما يظهر في الرسم .

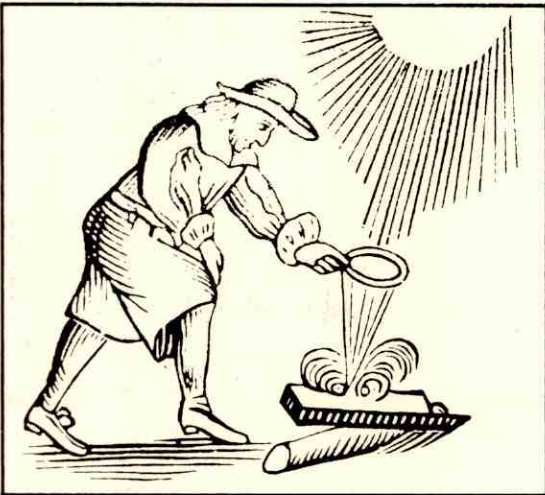
وبصفة عامة ، فالعدسات المجمّعة تكون سميكة في وسطها وجوانبها ومنها ثلاثة أنواع : العدسات الثنائية التحدّب (المحدّبة الوجهين) والسطوح المحدّبة ثم العدسات الهلالية المجمّعة .

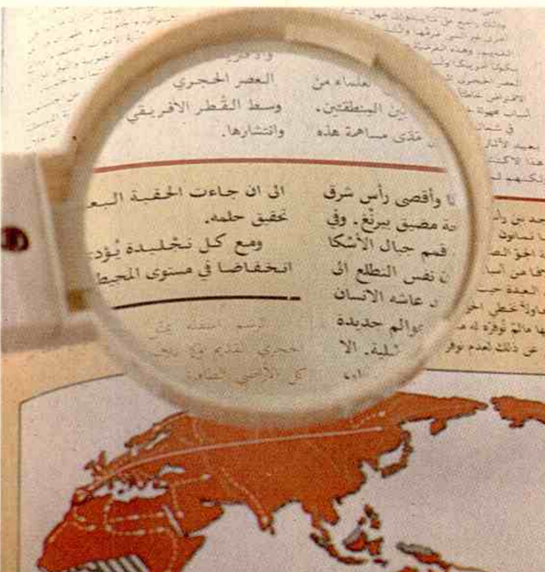




في الرسمين 1 و2: أهمّ العدسات المعروفة. وفي **الرسم أسفله**: (كومنيوس و أوربيس وسونساليوم وبيتاس، 1659) مفعول عدسة متوهجة وهي تساتل الأشعة الشمسية نحو نقطة معينة حيث تتمكن من ايقاد النار باستغلالها لقدرة الشمس الحرارية المضخّمة بالعدسة ذاتها.

الصورة السفلى: عدسة مكبّرة.





أما **العدسات المفرّقة فهي** التي تفرّق الأشعة المتوازية مع المحور الرئيسيّ بحيث تلتقي امتداداتها عند نقطة تقع ، بالنسبة للعدسة ، في نفس الجهة التي تأتي منها الأشعة المتوازية الساقطة .

وتكون العدسات المفرقة إما ثنائية التحدّب أو سطوحا مقعّرة أو هلالية مفرّقة .

ومعلوم أن العدسات المجمّعة تستعمل لتكبير الصور وتقويم طول ا لنظر . كما أن العدسات المفرقة تستعمل لتقويم الحسر أو قصر البصر .

وباستعمال العدسات وتركيبها بعضها مع بعض ، تم اختراع مختلف الأدوات البصرية كالمجهر والمنظار وغيرهما .

العيـن

لقد سبق أن تعرضنا لعضو البصر بالتفصيل في الجزء المخصص لجسم الانسان ، وللتّذكير فقط ، فإن العين تشتمل على عدسة خاصة تسمى الجليدية أو البلّوريّة ذات عضلات خاصّة تمكن انحناءها من التغيّر كما تنوّع قدرتها على الجمع . ويمكن تقويم مختلف الاختلالات البصرية بواسطة عدسات مقوّمة يمكن مدّ البصر باستعمال أدوات بَصريّة أكثر تعقيداً .

الأدوات البصريّة

باستعمال انظمة العدسات ، تمّ اختراع أدوات بإمكانها توفير صور بأحجام وأوضاع تمكّننا من دراسة وتحليل الأشياء في أحسن الظروف كما تمّكن من استقبال الصور على شاشات أو صفائح خاصّة . ومن أهم الأدوات البصرية الشهيرة مايلي :

العدسة المكبّرة ، وهي عدسة منقربة عادية ذات مسافة بؤرية صغيرة . ويجب وضعها على نحو يكون فيه الشيء المراد معاينته ، واقعاً بين المركز وأول بؤرة ، حيث تعطي صورة افتراضية ومضخّمة ومستقيمة .

المجهر : وهو جهاز يُمكّن من الحصول على تضخيم شعاع المرئي . وبفضله نستطيع معاينة الأشياء التي لايمكن **رؤيتها بالعين المجردة.وهناك أنواع كثيرة منه وأبسطها شبيه** بعدسة مضخّمة وأعقدها يعتمد على عدة أنواع من العدسات . وتمكّن انظمة الانعكاس والانكسار التي تنطلق من هذه العدسات من تحقيق تضخيمات هائلة تعطي أحيانا أضعاف حجم الشيء الحقيقي خمسمائة مرّة .

ومن بين المجاهر المتخصصة ، نذكر مجهر التَفلْوُر ومجهر التداخُل والمجهر المستقطب والمجهر الفوقيّ . وكل هذه الأجهزة تساعد على معاينة وفحص أشياء لايمكن للمجهر العادي أن يظهرها .

المنظار : وهو اداة تمكّن من رؤية أشياء بعيدة جدّاً وإظهارها مضخّمة أكثر من حجمها العادي كما تراه العين المجرّدة . وهناك نوعان من المناظر : المنظار الفلكي الذي يعطي صورة مقلوبة ، والمنظار الأرضي الذي يعطي صورة مستقيمة .

آلة التّصوير ، وهي جهاز مكوّن من غرفة سوداء بداخلها نظام عدسات يعرف بالشبحيّة (أو الشيئيّة) . وترسل الشبحيّة على الجدار المقابل صورة الشيء المصور الحقيقيّة مصغّرة ومقلوبة .

ولكي تتشكل هذه الصورة بوضوح لابدّ من ضبط المسافة بين الجدارين أي بين الشّبحيّة وسطح الصورة . وتعرف عملية الضبط هذه بالايضاح .

لماذا تضخّم بعض العدسات الأشياء ؟



تستعمل النظارات الطبية لتقويم البصر. وتصنف العدسات الى لامّة (جامعة) ومفرّقة بحيث يخصص كل صنف لنوع خاص من الاختلالات البصرية.

كيف يعمل المجهــر ؟

المجهــر

من أهم الاختراعات الفعالة في ميدان البصريّات الآلات المستعملة لمبدإ عدسة التضخيم والتكبير . وهذه العدسة عبارة عن قطعة زجاج ذات شكل خاصّ تمكّن من تضخيم الأشياء لمعاينة خصائصها اللّامرئية بالعين المجرّدة . وعلى هذا المبدإ نفسه يقوم المجهر (الميكروسكوب) الذي يرجع اختراعه في القرن السابع عشر وما فتىء يتطور الى غاية القرن التاسع عشر حيث ظهرت مجاهر تضخم الشيء خمسمائة مرة مع توفّرها على قدرة عزل خاصة ، تتمثل في المسافة الدنيا بين نقطتين بإمكان المشاهد تمييزهما . إذ لا تنحصر قدرة المجهر على تضخيم الشيء المعاين بل يجب كذلك أن يتيح التمييز بين المركبات المجهرية للشيء المعني .

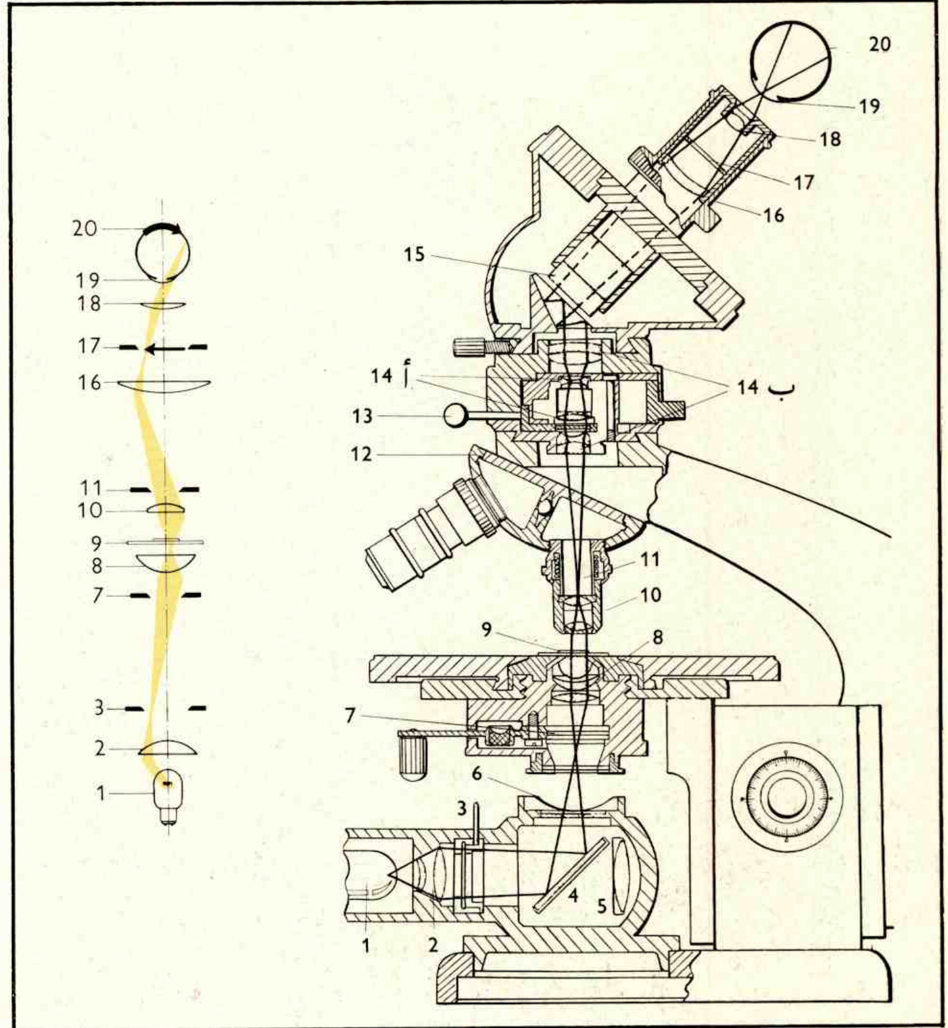
وتتنوع المجاهر حسب قوتها التضخيمية وخصائصها ، حيث تصنف الى مجاهر بصرية ومجاهر اليكترونية . فالمجاهر البصرية تتألف من شبحية وعينيّة . وتتكون الشبحيّة من نظام عدسات ذات مسافة بؤرية ضعيفة منحوتة بدقة لانجاز تكبير ملائم للصورة . ولمعاينة الصورة المكبّرة تستعمل العينيّة وهي عبارة عن عدسة أو تركيب عدسات توضع عليها العين وتعطي تضخيما جديدا للصورة . ومن المعلوم أن الشيء المعاين يجب أن يكون مضاءا بواسطة الضوء الشمسي أو الاصطناعي الذي

يستعمل المجهر لتكبير الصور التي لا يمكن للعين المجردة أن تبصرها. وهناك عدة أنواع من المجاهر تختلف حسب قدرتها في التضخيم واستعمالاتها.

في الصورة: المجهر الالكتروني

في الرسم: رسم بياني لمجهر اليكتروني: 1. مصدر الضوء. 2. عدسة جامعة. 3. سجاف جامع. 4. مرآة مكثفة. 5. عدسة منطبقة. 6. عدسة قابلة للخروج عن الحلقة. 7. سجاف بقزحية مكثفة. 8. مكثف. 9. المادة المعاينة أو المستحضرة. 10. الشبحية. 11. بؤبؤ خروج الشبحية. 12. حجيرة شبحيات الاستبدال. 13. مقبض فصل النظام المقرابي. 14 أ. معدّل التضخيم. 14 ب. نظام عدسات تصحيح استطالة انبوب المقراب. 15. نظام الموشور للمراقبة بالعينين. 16. عدسة التصويب. 17. سجاف مجال الصورة أو المدّ البصري حيث تتشكل صورة الشيء. 18 عدسة عينيّة. 19. بؤبؤ خاص بعين المشاهد. 20. شبكية تظهر فيها صورة الشيء مضخمة.





يسلطه مصباح كهربائي . ويكون مصدر الضوء تحت الشيء المراد تضخيم صورته ، حيث ينعكس من خلال مرآة ليسلّط على عدسة تكون تحت ذلك الشيء . وتعرف هذه العدسة الخاصة بعدسة التكثيف أو المكثّف .

وحين يكون الضوء غير كاف لاتاحة الرؤية والملاحظة ، تستعمل أصباغ خاصة كما هو الشأن بالنسبة لمشاهدة الجراثيم والبكتريات . ولمعاينة خلايا أنسجة الحيوانات والنباتات ، يقطع النسيج بدقة للحصول على صفيحة بإمكان الضوء اختراقها .

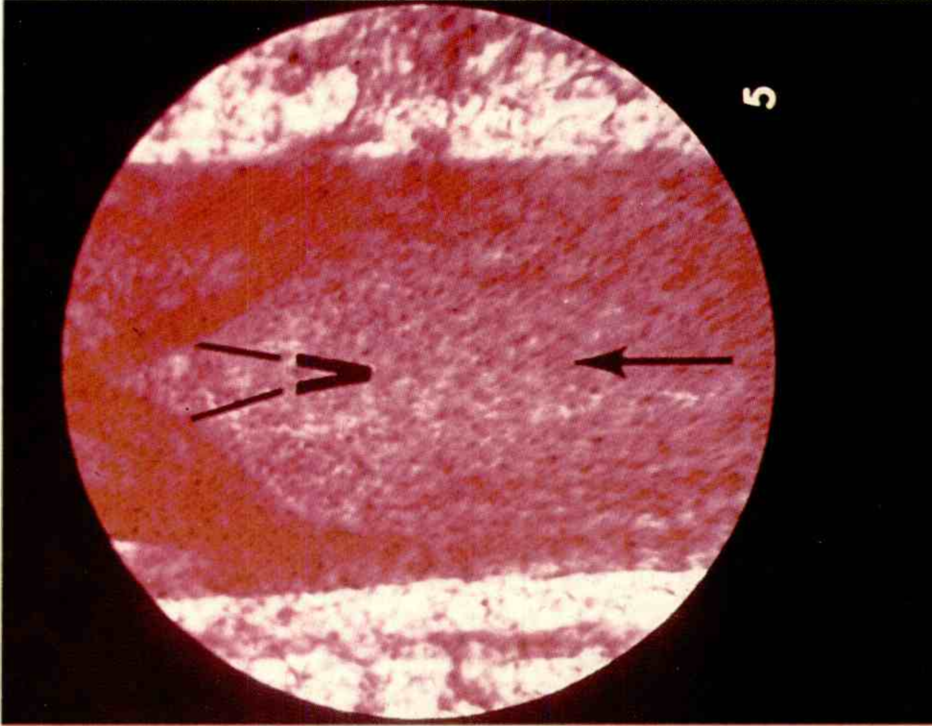
وهناك نوع آخر من المجاهر البصرية ذات التباين الوجهي تمكّن من رؤية بعض التفاصيل بدون تلوين : ذلك أن جزئي الشيء الواحد يختلفان في طريقة عكس الضوء ممّا يسمح بتمييز احدهما عن الآخر . أما مجاهر الاستقطاب فتستعمل مصدري ضوء مستقطب يُمكّنان من إنارة بعض الموادّ دون غيرها .

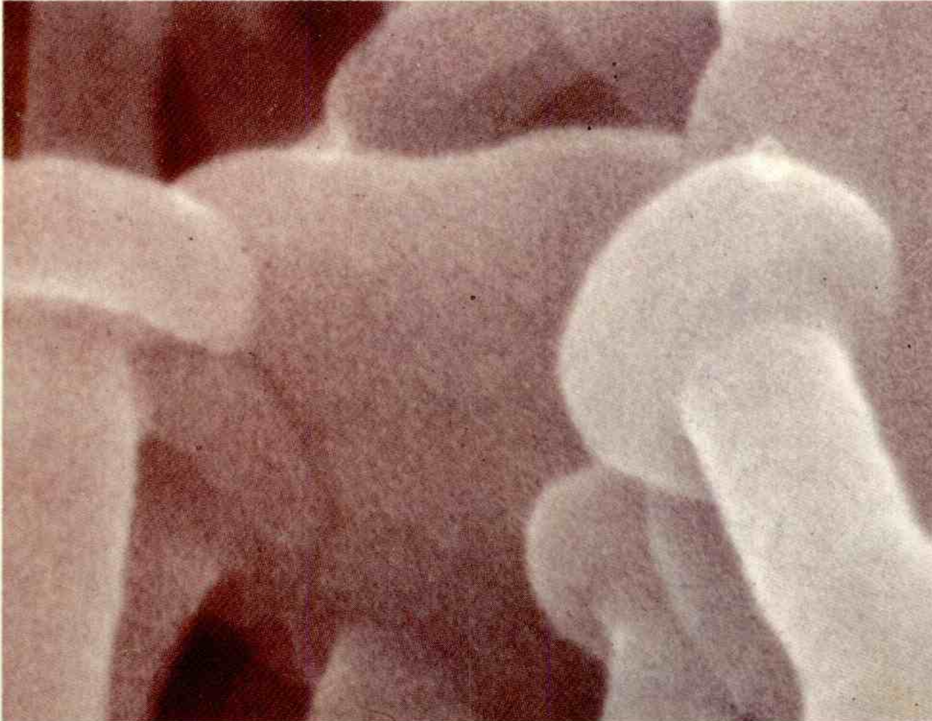
ويمكن بواسطة المجهر البصري انجاز تضخيمات تعادل حجم الشيء 1600 مرة . ويرجع حدّ هذه القدرة على التضخيم الى كون الأشياء أو التفاصيل التي تكون أدقّ من طول موجة الضوء المستعمل للتنوير ، لا تتمكن من تشكيل صورة . ولذلك استعمل نوع آخر من الضوء ذي طول موجة أصغر بكثير كالأشعة الفوبنفسجيّة . غير أن الصورة المحصل عليها في هذه الحالة لا ترى بالعين المجردة ، إذ يتم اللجوء لالتقاطها الى التصوير الفوتوغرافي لتثبيت صورة الأشياء المعاينة .

وهناك أيضا مجهر ذو قعر أسود يعرف بالمجهر الفوقي ويشتغل انتشار الضوء الجانبي حيث يتيح بذلك رؤية مالا يُرى بالمجهر العادي .

أما **المجهر الاليكتروني** فيقوم على نفس مبادئ المجهر البصري إلّا أنه يستعمل حزمة من الاليكترونات عوض الضوء ، الشيء الذي يجعله ينجز تضخيما هائلا للأشياء المعاينة. وتنتج هذه الحزمة من الاليكترونات عن مصباح مهبطي (كاتود) مشتعل يستظلّ حقلا مغنطيسيا لتحريف الحزمة كما يحدث بالنسبة للضوء الذي يخترق الزجاج . ويقوم المكثّف بتسريع وتركيز الحزمة حيث لا يفسح المجال الّا لجزء من الاليكترونات التي تنعكس من خلال عدسة الشبحية ورباط الانعكاس على شاشة مستشْععة . وهكذا يتم الحصول بفضل هذا النظام على **صورة مكبّرة للشيء أحيانا بأضعاف حجمه الحقيقي** 200.000 مرة . وتثبت الصورة فوتوغرافيا ثم تسحب نسختها السلبية المكبّرة التي تعطي تضخيمات للصورة تعادل ضعف الشيء ملايين المرات . ويواجه هذا الأسلوب مشكلا أساسيا يتمثل في تبدّد الاليكترونات من خلال الجزئيات الغازية ، ولذلك يكون باطن جسم المجهر مفرّغا من الهواء .

كيف يستعمل المجهر ؟





الصورتان جانبه تعطيان فكرة عن الفرق بين قدرة التضخيم لدى كل من المجهر العادي والمجهر الاليكتروني. **أعلى**: صورة مأخوذة بمجهر عادي. **أسفل**: صورة بالمجهر الاليكتروني.

كيف تعمل آلة التصوير ؟

التصوير الفوتوغرافي

تاريخ التصوير الفوتوغرافي

ان كلمة «**فوتوغرافي**» اغريقية الأصل وهي مشتقة من «**غرافوس**» أي «الكتابة» و «**فوتوس**» أي «الصورة» وتعنى التقاط صورة وتثبيتها على رسم أو كليشه .

ويرتكز التصوير الفوتوغرافي على مبدإ **الغرفة السوداء** ، الذي يبين أن صورة شيء يسلط عليه الضوء **خارج علبة بها ثقب، تنعكس مقلوبة على جدار العلبة المقابل للثقب.**

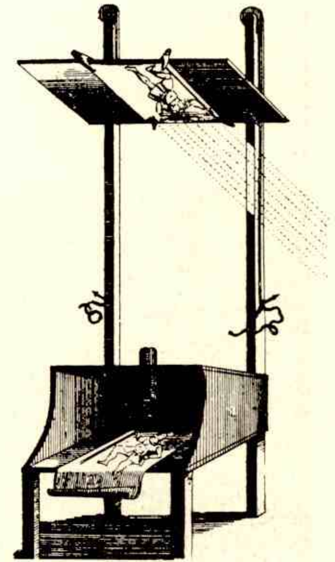
وكان للفرنسي نييبس (Niepce) دور كبير في انجاز مرحلة أساسية من تطور التصوير الفوتوغرافي . ففي سنة 1827 قام بالتجربة التالية : فقد أدخل في غرفة سوداء مصغرة صفيحة زجاجية مغطاة بزفت «جودي» المعدني الممزوج بمحلول البنزين والخزامى والنفط .

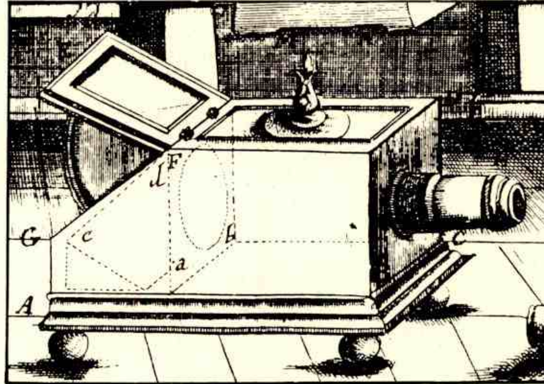
وتترسخ الصورة التي تنقلها العدسة على الصفيحة التي تبرزها بعد ثمان ساعات على شكل رسم بالأبيض والأسود باهت الملامح . وفيما بعد وبمحض الصدفة ، تمكن داغير (Daguerre) سنة 1838 من تطوير اختراع نييبس . ذلك أنه ترك ملعقة فضية تسقط فوق صفيحة معدنية مغطاة بإيودور الفضة ، فلاحظ أن شكل الملعقة قد انطبع على الصفيحة فتوصل بذلك إلى أسلوب للتصوير على المعدن المفضّض وهو ما يعرف بالدّاكيريّة .

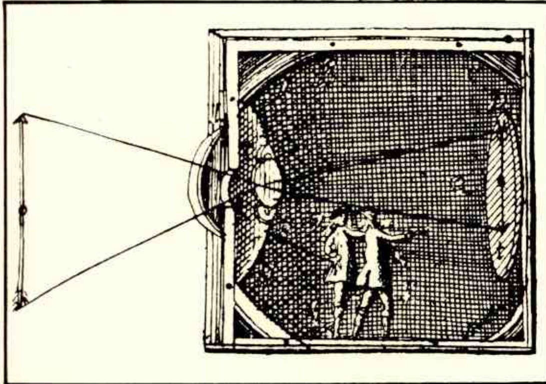
وعندما اخترع طالبو (Talbot) الورق الحساس للأملاح ونيترات الفضة ، أصبح بالامكان الحصول على نسخة سلبية (Négatif) للصورة الايجابية . وفيما بعد استعمل هيرشيل (Herschel) هيبو سلفيت السوديوم لتثبيت الكليشيهات وهو الذي اطلق على هذا العلم اسم التصوير الفوتوغرافي (Photography) .

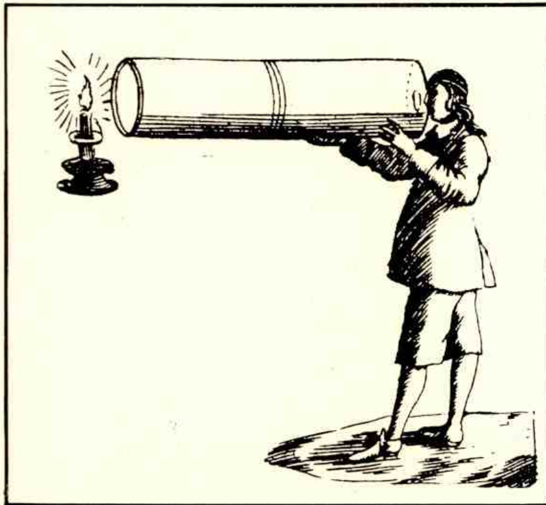
وقد عرف القرن الحالي تقدما باهرا في هذا الميدان ، حيث تعددت اساليب التصوير الشمسي وتنوعت اشكال واحجام الآلات الفوتوغرافية وأصبح التصوير فنا من الفنون القائمة بذاتها والتي تستلزم تكوينا تقنيا دقيقا .

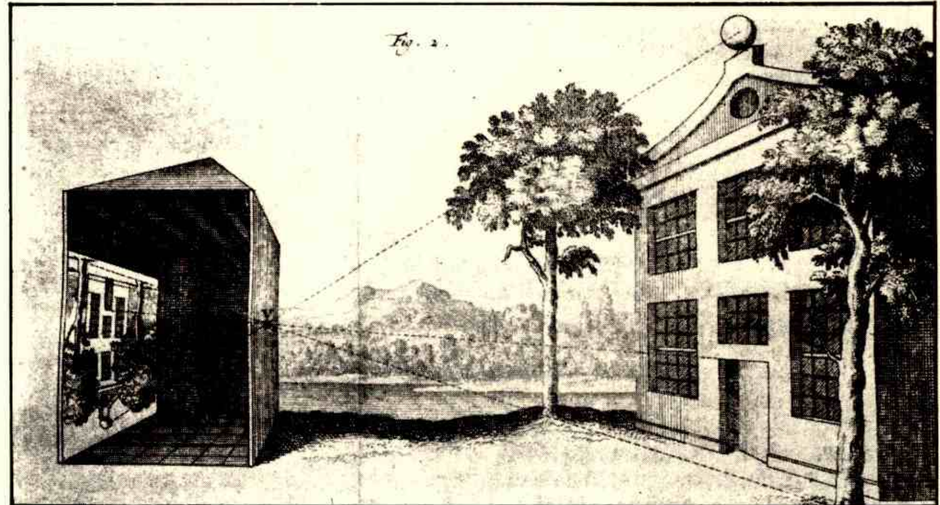
تبيّن هذه الرسوم القديمة بداية التصوير الفوتوغرافي: 1. غرفة سوداء بمرآة خارجية؛ 2. غرفة «الانعكاس» من وضع جوهان زان J. Zahn (1865)؛ 3. تمثيل لغرفة سوداء انطلاقا من عين الانسان؛ 4. غرفة سوداء طبيعية في الهواء الطلق؛ 5. غرفة سوداء أسطوانية الشكل كانت كثيرة الاستعمال.









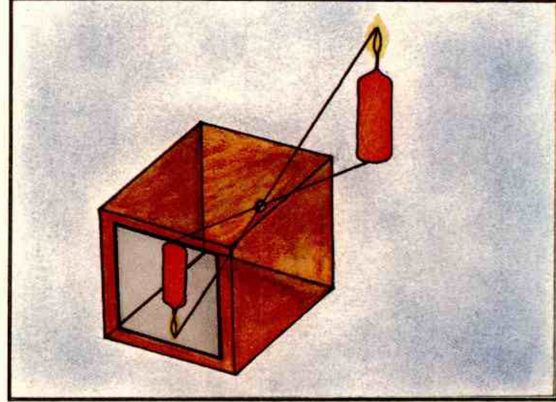


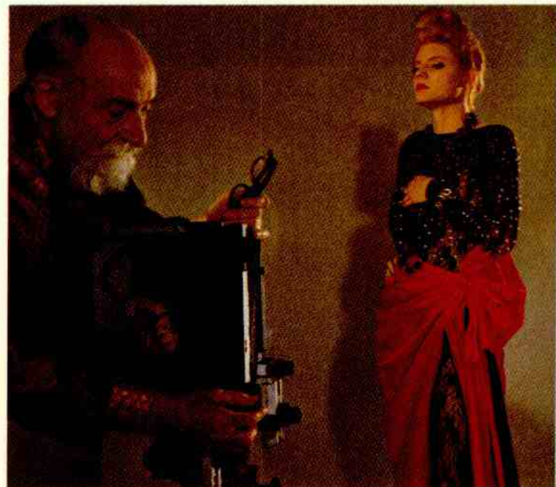
آلة التصوير الفوتوغرافي

بالاضافة الى الغرفة السوداء ، تتكون آلة التصوير الفوتوغرافي كذلك في شبحيّة (أو عدسيّة مرئيّة) وسدادة مصوّبة أو زجاجة مخشّنة وعلى جهاز إيضاح ثم سجاف ، وهناك أنواع من آلات التصوير مزوّدة أيضا بمقياس مسافة وموضاع لقياس وقت الوضع الضروري لالتقاط صورة ، ثم بعض المصافي الخاصة بتدقيق الصورة الملتقطة .

وتكون **الغرفة السوداء** إما سهلة الطيّ أو صلبة ، وتصلح لوقاية سطح الفيلم من التأثير المباشر لأشعة الشمس وللضوء على العموم . وينفذ الضوء ليطبع الفيلم بالقدر الذي تسمح به الشبحيّة من خلال السّدادة وبواسطة السّجاف .

في الرسم: مبدأ الغرفة السوداء من خلال الشمعة التي تظهر داخل العلبة معكوسة بنفس الحجم **الصورة 1**: نفس المبدإ ممثل بأشكال بشريّة. **الصورة 2**: كيفية عمل آلة التصوير الفوتوغرافي: تمر صورة الشيء المعاين من خلال الشبحيّة الى أن تظهر للمصور مستقيمة ومصغّرة. **الصورة 3**: مجموعة كاملة من الشبحيات.

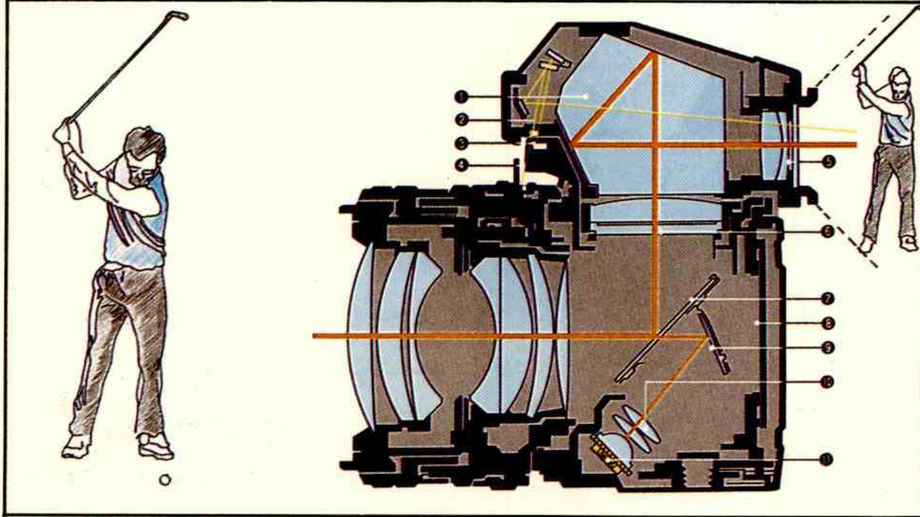




وتمثل **الشبحيّة** أو العدسيّة المرئية الأداة البصرية التي تتيح نفاذ الضوء الى الغرفة السوداء ، أما **السّجاف** فهو الذي يضبط كمية هذا الضوء في ظرف زمني محدّد . ومن الواضح أن للشبحيّة دور هام في جهاز التصوير حيث تحدّد جودة الصورة ووضوحها . ويتوقف عمل **الشبحية وفعاليتها** في التصوير على شكل وجودة العدسات ونوعية الآلة .

ولتصوير شيء بعيد دون الاقتراب منه تستعمل **الشبحية المسافية** إلّا أن الصور المتلتقطة بهذا الأسلوب

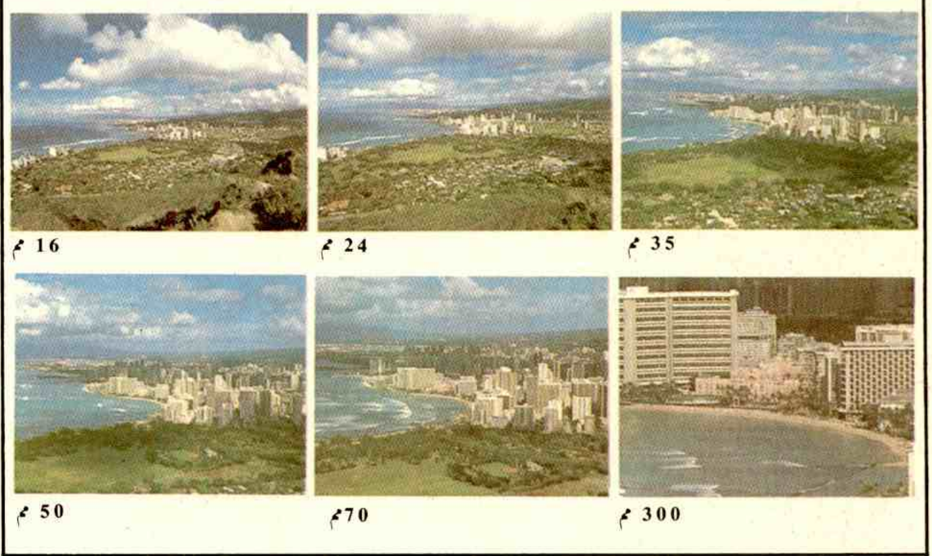
1= موشور خماسي
2= صدع ADR
3= تجلي LCD
4= سلم الأغشية
5= عينية
6= زجاج الضبط
7= مرآة الانعكاس الرئيسي
8= فيلم
9= مرآة ثانوية
10= عدسات مكثفة
11= محسس SPD (مؤثر بالنور)

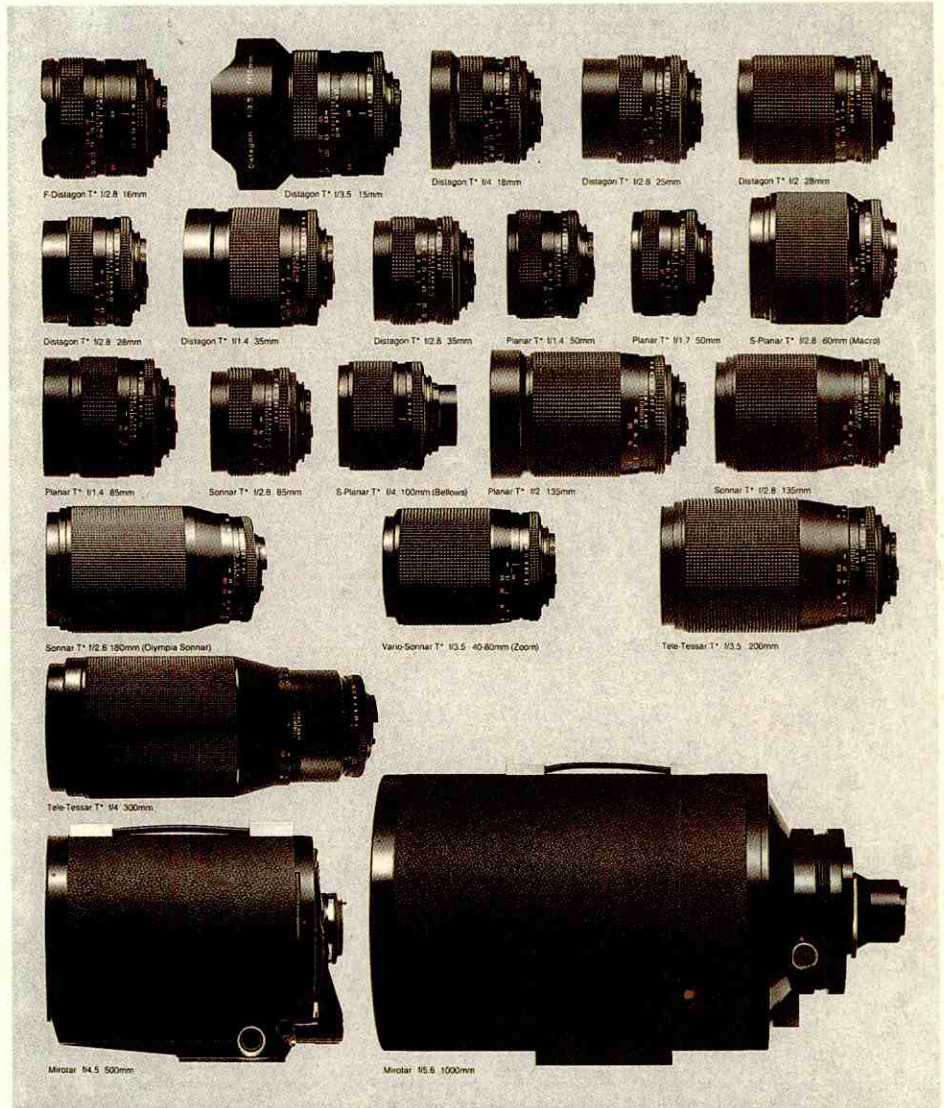


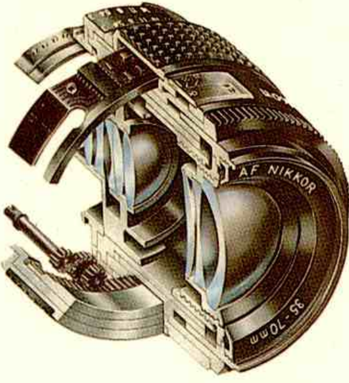


تفقد نسبيا من عمقها ووضوحها حيث تخرج مسطّحة بالمقارنة مع الصور الملتقطة بالشبحية العادية .

وهناك أيضا **الشبحيّة الواسعة الزاوية** ذات البؤرة







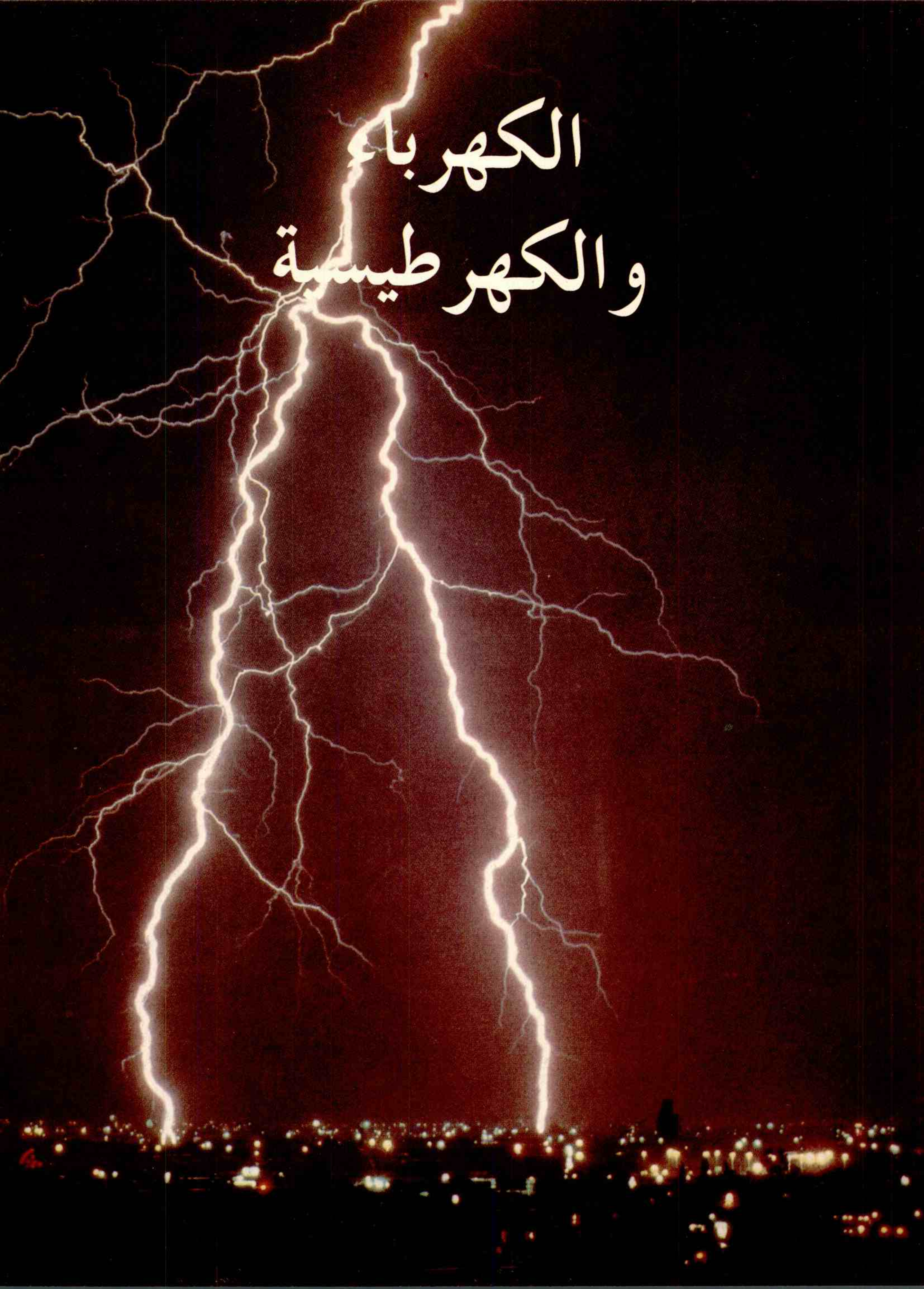
أعلاه: باطن شبحية
جانبه: نفس الصورة مأخوذة بشبحيات مختلفة.

القصيرة المتميّزة بسعة المجال البصري الذي يتجاوز 75 درجة . كما توجد شبحية تعرف **بعين السمكة** وتبلغ سعة مجالها البصري 180 درجة حيث تمكن من التقاط صورة دائرية متكاملة .

وكما أشرنا الى ذلك ، فالضوء يصل الى الفيلم حسب ما تتيحه **السّدادة** ، ولذلك فهذا الجهاز عبارة عن ضابط للسرعة ولزمن وضع الصورة . وتكون السدادة إما مندمجة ضمن الشبحية أو ذات مصراع أو بستار . وهي في جميع الحالات تتحرك بنابض متمدّد وتتناسب حركتها مع الزمن الذي ينفذ خلاله الضوء الى الغرفة السوداء . وتتراوح فترة العرض مابين ثانية واحدة و 500 جزء من الثانية ، إلّا أن هناك من الآلات المتطورة التي تلتقط بوضوح مناظر على فترات حاطفة تصل أحيانا 1000 أو 2000 جزءا من الثانية وسجاف آلة التصوير الذي يضبط كمية الضوء النافذة إلى الغرفة السوداء في زمن محدّد ، يشبه في عمله هذا بؤبؤ أو حدقة العين ، وهو مجهّز بنظام انسداد مثبت في الشبحيّة . ويتوقف انسداد السّجاف أو انفتاحه على كمية الضوء الموجود في الوسط الذي يتم فيه التقاط الصورة . فإذا كان الضوء كثيفا يجب إغلاق السجاف والعكس صحيح .

وتستعمل **المصوّبة** لتأطير الشيء المراد تصويره . وتتنوع أساليب التصوير حسب آلات التصوير ، إذ يمكن التصوير مباشرة من خلال الشبحيّة أو بواسطة نظام من المرايا توجد داخل الآلة وخاصة في المصوبات الانعكاسية .

جانبه: شبحيات كارل زيس C.Zeiss، مجموعة كاملة.


الكهرباء
والكهرطيسية

الكهرباء

ما الكهرباء ؟

لقد بدأ تاريخ الكهرباء منذ القرن السادس قبل الميلاد عندما أدرك الفيلسوف الاغريقي طاليس أنه عند دعك قضيب من العنبر بقطعة من الصوف تحدث ظاهرة غريبة ، إذ يجذب العنبر أشياء صغيرة كقذاة التبن مثلا . وإسم العنبر بالاغريقي هو «اليكترون» ومنه اشتقت الكلمة التي تعني كهرباء (اليكتريسيتي) والتي تدل على تلك الظاهرة الغريبة .

ويمكن الآن القيام بنفس تجربة طاليس ، وذلك بأخذ قلم حبر من الباكليت وقطعة صوف وقطع صغيرة من الورق مقسمة إلى قسمين .

بعد ذلك ندعك القلم بالصوف ونقربه من إحدى مجموعتي القطع الورقية ، وسوف نلاحظ القلم يجذبها إليه ، وهكذا نتناول قطعة الصوف التي تم بها الدعك **ونقربها من المجموعة الورقية الثانية. نلاحظ أن الصوف** يجذب كذلك قطع الورق ولذلك فإن الصوف بدوره مشحون كهربائيا .

قبل 2600 سنة، اكتشف طاليس دي ميليت Th. de Mylète الكهرباء، حيث لاحظ أن دعك قضيب من العنبر بقطعة من الصوف يجعله قادرا على اجتذاب الأشياء الصغيرة. ويمكن القيام بنفس التجربة بواسطة مسطرة من البلاستيك في غياب العنبر كما يظهر في **الرسمين 1** .

لفهم **الرسمين 2 و 3**، نضيف معطيات أخرى الى ما سبق ذكره: فعندما تتم كهربة جسم ما، فهو يشحن إما سلبيا أو ايجابيا حسب طبيعته، فقضيب الأبونيت مثلا يتخذ شحنة سلبية بينما الزجاج يأخذ شحنة ايجابية. ولذلك فحين نقرب قضيبا من الأبونيت المكهربة من قضيب زجاج مكهرب فإنهما ينجذبان **(الرسم 2)** بينما قضيبان من الزجاج أو من الأبونيت يتنافران **(الرسم 3)**.

1

2

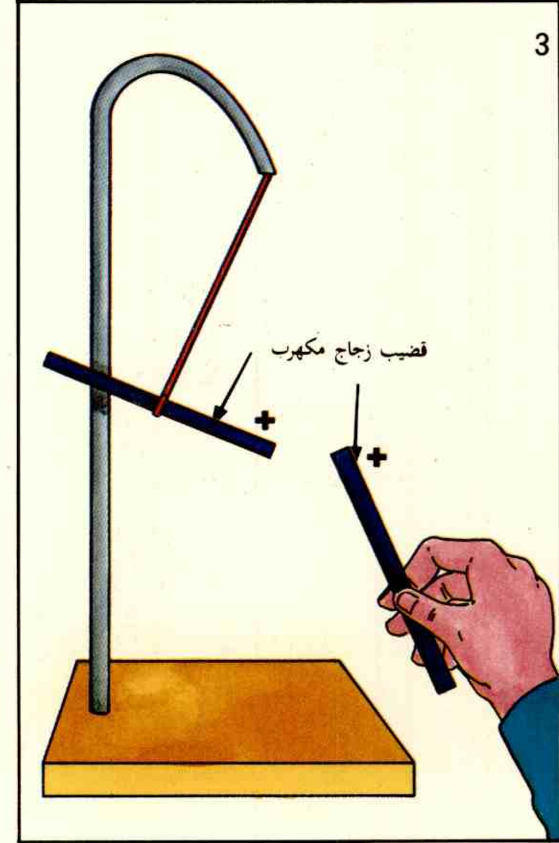
ولنأخذ الآن قضيبين من الزجاج وندعكهما بالصوف ونعلق أحدهما على دعامة بواسطة خيط ، ثم نقرب منه القضيب الثاني لنلاحظ أن القضيبين يتنافران ، كما يتبيّن من الرسم جانبه .
كيفما كان الطرفان المتّصلان فيما بينهما ، أي «أ» و «ج» «أ» و «ب» ، «ب» و «ج» أو «ب» و «د» ، فإن القضيبين الزجاجيين يتنافران دائما .
وإذا أخذنا قضيبا مكهرباً من الأبونيت ، وقربناه من القضيب الزجاجيّ المعلّق فسنلاحظ أن القضيبين ينجذبان نحو بعضهما ، مما يجعلنا تستنتج أن هناك نوعين من الشحنات الكهربائية .
ويمكن الاستمرار في اجزاء هذه التجربة على موادّ أخرى لنرى أن بعضا منها يتخذ كنقطة استدلال قضيب العنبر المكهرب ويتصرف إزاءه بنفس تصرف الزجاج والبعض الآخر يتصرف بنفس تصرف العنبر أو الابونيت ، ومنذ عهد بنجمان فرانكلين تقرر اعطاء إسم **الكهرباء الموجبة** لكهرباء الأجسام التي تتصرف إزاء العنبر بنفس تصرف الزجاج وإسم **الكهرباء السالبة** للأجسام التي تتصرف إزاء العنبر بنفس تصرف العنبر نفسه أو الأبونيت .

تصنف الموادّ الى عازلة وموصّلة حسب قدرتها على نقل الكهرباء، أي تمريره الى جسم آخر. فأجسام مثل الصّمغ المستعمل في صناعة أحذية الرياضة **(الصورة)** عازلة حيث لا تتيح تبديد كهربائها.

ومن خلال هذه التجارب ، يمكن استنتاج المعطيات التالية :
أ) إن جميع المواد قابلة للتكهرب .
ب) هناك نوعان من التكهرب ، أحدهما موجب والآخر سالب .
ج) **إن الموادّ** المكهربة بشحنات من نفس النوع تتنافر ، والمكهربة بشحنات متعارضة تتجاذب .
ولننظر الآن كيف يمكن معرفة ما إذا كان جسم ما مشحوناً كهربائياً ونوعية الشحنة التي تهمّه . إن ذلك يتأتى بواسطة جهاز بسيط يعرف **بالنّواس الكهربائي** ، المكوّن من كريّة من مادة خفيفة جدّة كالفلّين مثلا ، تكون مغطاة بورق الألمنيوم ومعلقة على دعامة بواسطة خيط ، فإذا قربْنا من هذه الكريّة قضيبا مكهرباً من الزجاج فإننا نلاحظ أن الكريّة بعد اتصالها بالقضيب تبتعد عنه ، لأن جزءاً من الشحنة الكهربائية ينتقل إلى الكريّة التي تكون مشحونة بنفس العلامة مما تجعلها تدفع عنها القضيب الزجاجيّ .
فإذا شحنّا الكرة ايجابيّاً ، وقرنا منها اجساما مختلفة ، فسنتحقق من كون هذه الأجسام مكهربة ومن نوعية شحنتها . وبالفعل فللكريّة ردّ فعل معين عند اقترابها من تلك الأجسام حيث تبتعد عنها إذا كانت مشحونة موجباً وتقترب منها في حالة شحنها سلباً ، كما تبقى ساكنة حين تكون الأجسام خالية من أية شحنة كهربائيّة .
غير أنه إذا قربنا قضيبا حديديا من النواس الكهربائي

لماذا تتجاذب بعض الأشياء وتتنافر أخرى ؟

ما الفرق بين الكهرباء الايجابية والكهرباء السلبية ؟





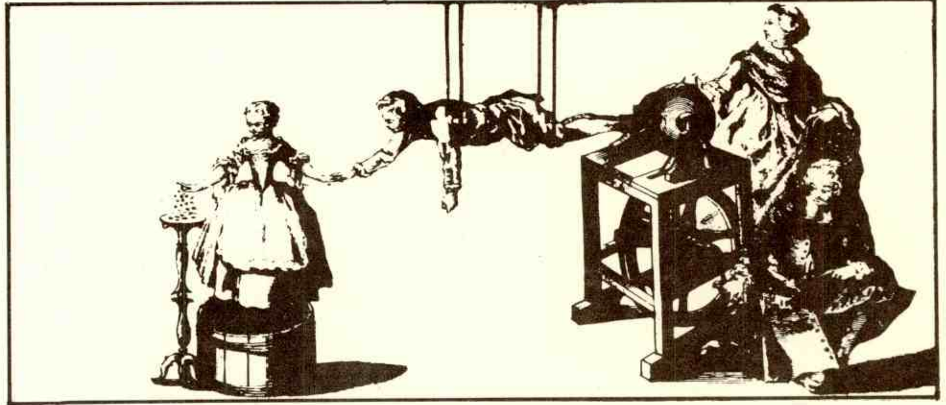
ما الفرق بين الاجسام الموصّلة والأجسام العازلة ؟

بحيث نبقى ممسكين بالقضيب مباشرة في كفّنا ، فلن يصدر عن الكريّة أي ردّ فعل مهما كان القضيب مكهرباً وبالمقابل ، حين ندعّم القضيب الحديديّ بقبضة من الابونيت أو الزجاج ، فإن النواس يكشف من جديد عن وجود الشحنة الكهربائية . ويحدث ذلك لأن المعادن تفقد بسهولة تكهربها عند اتصالها بمعدن آخر أو بالكفّ . وجميع الأجسام التي تتيح تبدداً سهلا لتكهربها تسمى بالاجسام **الموصّلة** ومن بينها جسم الانسان . أما الاجسام التي لا تتيح تبدّد الكهرباء ، فتسمى بالأجسام **العازلة** .

والأجسام المَوصّلة أنواع فمنها الموصّلات الجيدة كالمعادن والموصّلات الرديئة كالورق كما أن أجساما عازلة جيدة كالخزف وعازلات رديئة كالبلاستيك .

وقد مكنت تجربة النواس الكهربائي من معرفة وجود الموادّ **المتعادلة** القابلة للشحن موجبا وسلباً ، ومنها الفلين والورق ومخّ البيلسان .

وبفضل التحليل الكهربائي ، أمكن قياس الشحنة الكهربائية اعتمادا على **الكولون** كوحدة .



جانبه: التجربة التي قام بها العالم الانجليزي واتسن Watson خلال القرن الثامن عشر لتفسير ماهية الكهرباء السكونية اعتمادا على امكانيات الجسم البشري، فهناك رجل يقوم بتدوير عجلة بواسطة مساك، إذ يتمكن من تجميع شحنة كهربائية سكونية صادرة من كفّ إمرأة لنقلها الى قدم طفل معلق في الهواء بحبال حريرية، والطفل متصل كذلك بيد فتاة معزولة بواسطة دلو مملوء بالزفت العازل، إذ تتمكن من جلب الحبوب الموضوعة على طاولة.

أسفله:

مكشاف كهربائي ذو أوراق. وقد اخترع هذا الجهاز سنة 1705 على يد هاوكسبيي W. Hawksebee ليثبت أنه بربط المكشاف الكهربائي بقضيب مكهرب (**الرسم أ**) أو ببندول كهربائي (**الرسم ب**) تتباعد أوراق الالنيوم لكونها مشحونة بنفس الشحنة. وفي ب. بالخصوص تتم الكهربة بواسطة خيط نحاسي.

أوراق الألمنيوم

قنينة زجاجية

عازل

قطيب معدني

كريات معدنية

أ

ب

كيف تقاس الشحنة الكهربائية ؟

قانون كولون

لقد تعرضنا إلى قوى التنافر وقوى الاجتذاب بين جسمين مشحونين كهربائياً ؛ فكيف يتم قياس شدّة هذه القوى ؟

تقاس شدة قوى الاجتذاب والتنافر بين شحنتين كهربائيتين بواسطة القاعدة التالية المناسبة **لقانون كولون** (ق = ث × ش . ش٢ / م٢) ومضاده أم «شدة القوّة «ق» التي تمارس بين جسمين منتظمين مشحونين كهربائيا تكون متناسبة طرداً مع القيم المطلقة للشحنتين «ش» و «ش٢» ومتناسبة عكسا مع مربع المسافة (م) . وفي هذه القاعدة يرمز حرف «ث» إلى الثابتة التناسبية المرهونة بنظام القياس المستعمل وبطبيعة الوسط الذي توجد فيه الشحنتان .

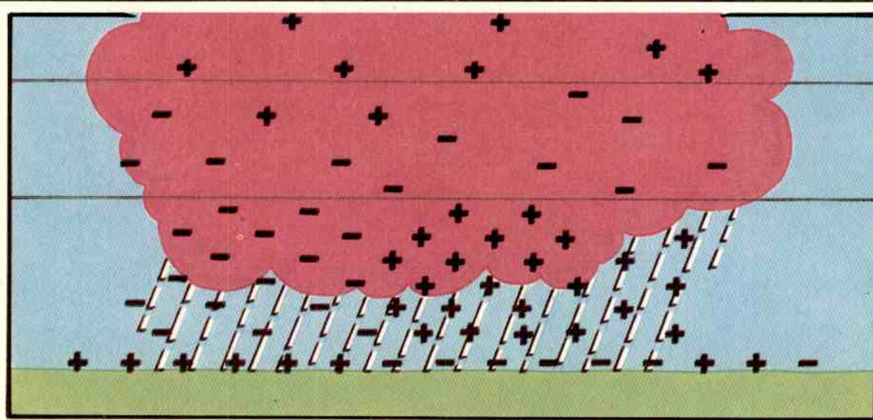
في الرسوم الثلاثة جانبه: تمثيل لنشأة البرق. في البداية هناك سحابة عاصفة (1) ذات تفاوت حراري شديد. وتتنقل الاليكترونات نحو أسفل السحابة والايونات الايجابية نحو أعلاه بحيث تتجمع على الأرض ايونات موجبة. وعندما يتراكم عدد معين من الاليكترونات، ينشأ الميل نحو الاسفل (2) يلتقي بسيل الايونات الايجابية الصاعدة (3).

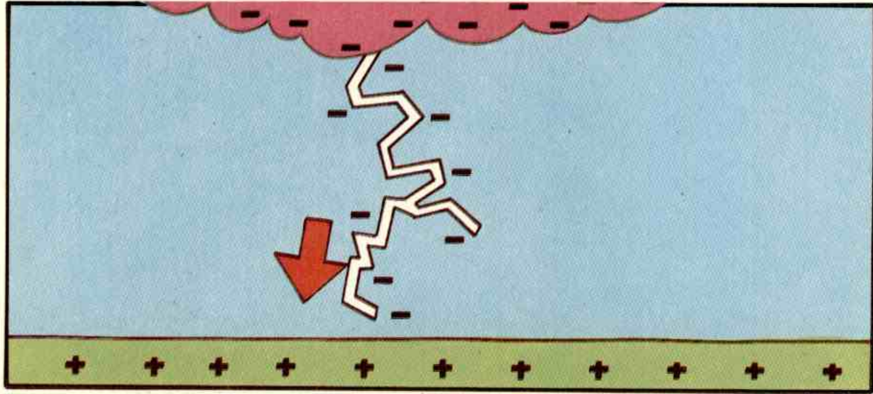
في الصورة: عاصفة كهربائية ببروق متعددة.

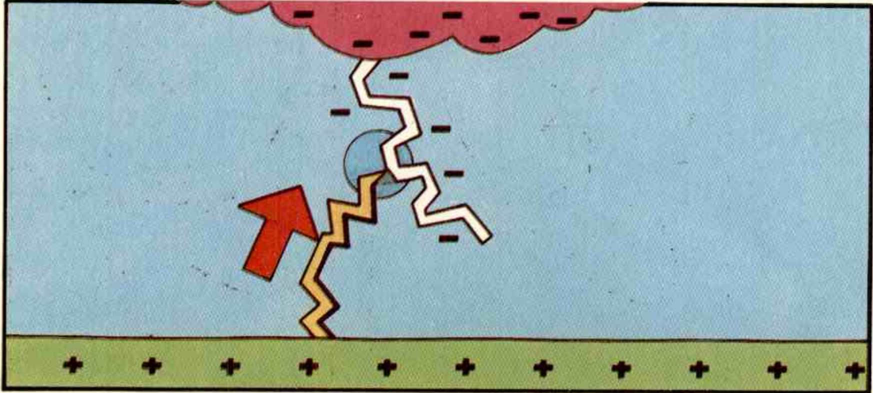
في الرسم: بنجمان فرانكلين B. Franklin، العالم الأمريكي الذي يرجع اليه اختراع دافع الصواعق. فقد بي أنه بواسطة خيط ومفتاح في يده ثم طيارة ورقية يمكن الحصول على الكهرباء الموجودة في البرق.











كيف تقاس شدة قوى الجاذبية والتنافر ؟

الظواهر الكهربائية وبنية الذّرة

منذ القرن الثامن عشر ، اهتم علماء الفيزياء بامكانية نقل الشحنات الكهربائية من جسم مشحون إلى جسم متعادل عن طريق الاتصال. فاعتقدوا أن الشحنة عبارة عن مائع قابل للتنقل بحريّة وسط الاجسام الموَصّلة وبصعوبة وسط الأجسام العازلة . ولاحظوا كذلك أن احتكاك جسمين أحدهما بالآخر ، يجعل احدهما يسخن إيجابيا والآخر سلباً فاستنتجوا أن الشحنات الكهربائية توجد في الأجسام بكيفية متكافئة وأن بعضها يبطل مفعول البعض الآخر .

كيف تكهرب الذرات ؟

وفي سنة 1835 ، وعلى إثر دراسات وأبحاث فاراداي FARADAY حول ظاهرة التحليل الكهربائي ، بدأ العلماء يفكرون في ما إذا كانت المادة مشكّلة من «ذرات» مما يجعل «المائع الكهربائي» مكوّناً بدوره من جسيمات دقيقة . وشيئا فشيئا تمّ التوصّل إلى فهم بنية المادّة وظاهرة الكهرباء . وفيما يلي أهمّ خصائصها الأساسية .

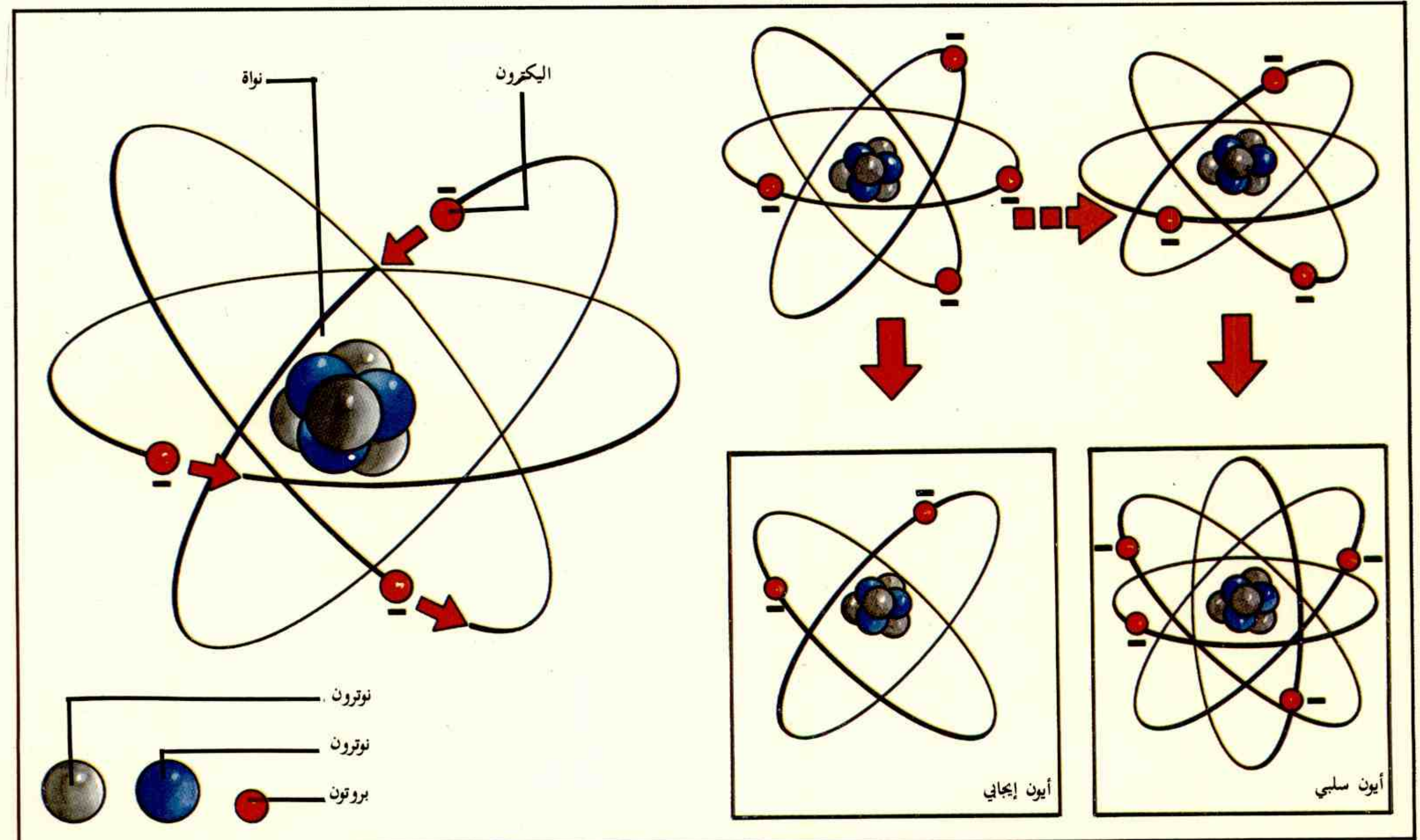
ماهي الأيونـات ؟

لقد سبقت الاشارة إلى أن المادة مكوّنة من جزيئات ، وأن كل جزيئة مقسمة إلى ذرّات كانت لمدة طويلة تعدّ من بين «عناصر المادة التي لا تقبل التجزييء».

والواقع أنه تمّ التأكّد من أن كل ذرة تتكوّن من **نواة** مشحونة بالكهرباء الموجبة ومن مجموعة من الجسيمات الخفيفة المتساوية فيما بينها والمعروفة **بالاليكترونات** وهي مشحونة بالكهرباء السالبة وتحوم الاليكترونات حول النواة ، وتتوفرّ كل ذرة من كل اليكترون على عدد محدّد يعرف **بالعدد الذّري** .

ويمكن أن يحدث إفلات بعض الاليكترونات من الذرة ، مما يجعل الذرة بعد فقدها لبعض الشحنات السالبة غير متعادلة ولكن تصبح مشحونة ايجابيا . وفي هذه الحالة يتعلق الأمر **بايون موجب** . كما يمكن أن يحدث اتحاد اليكترون أو عدة اليكترونات مع ذرة لتشحن هذه الأخيرة سلباً مما يعطي **إيوناً سالباً** .

تتكون الذرة من نواة مكونة بدورها من بروتونات (جزيئات ايجابية) ونوترونات (جزيئات سلبية)، وتحوم حول النواة اليكترونات ذات شحنة سلبية. في الرسم تمثيل لذرة الليتيوم ذات ثلاثة اليكترونات مدارية. وعندما تتصل ذرتان تسلم احداهما للاخرى الاليكترون الموجود في المدار الخارجي. وهكذا تصبح النواة الفاقدة لاليكترونها ايونا ايجابيا بينما تصبح النواة التي أخذته أيونا ايجابيا.



وهناك موادّ تفقد اليكتروناتها بسهولة ومنها المعادن ، وموادّ أخرى تجذب الاليكترونات بسهولة ومنها الموادّ شبه المعدنية أو اللاّفلزّيّة .

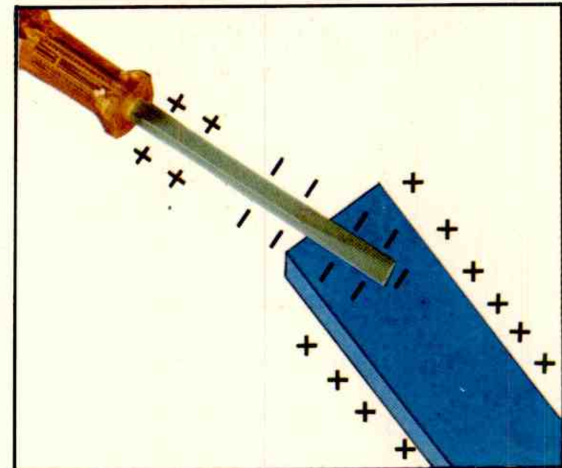
وهكذا يمكن أن نفهم خلال هذه المعطيات مايحدث حين يتم دعك جسم ما : إنه يفقد بعض اليكترونات أو يأخذ المزيد منها ، حيث يشحن ايجابا في الحالة الأولى وسلباً في الحالة الثانية . وإذا عدنا إلى التجربة السابقة التي تحدثنا عنها بشأن قلم الحبر ، فإننا سنفهم أن الكهرباء لم تنتقل إلى قلم الحبر وقطعة الصوف ولكن ماحدث فقط هو فصل الشحنات الموجبة والشحنات السالبة والاخلال بتوازن الشحنات بكهربة الجسمين معاً .

الطاقة الكامنة والجهد الكهربائي

تتوفّر جميع الشحنات على **طاقة كامنة** هي بمثابة **العمل الذي تقوم به قوى الحقل لنقل شحنة إلى اللامتناهي أو** إلى نقطة استدلال تختار اتفاقيا . أما الجهد الكهربائي لحقل ما في نقطة معيّنة فهو العلاقة بين العمل الذي تنجزه القوى عندما تنتقل شحنة ما من تلك النقطة إلى اللامتناهي أو إلى الأرض على طول مسافة محدّدة وتقوم بشحنها كذلك . ووحدة القياس هي الفولت . ففولت واحد هو فارق الجهد الموجود في موصّل يخترقه تيار قارّ من أمبير واحد مع انتاج حراري قيمته واط واحد بين نقطتين معينتين .

وكما سبق أن رأينا بالنسبة لمسائل أخرى فمن الصعب معالجة الظاهرة الكهربائية بالتفصيل والشمول اللازمين لما يشوب ذلك من التعقيد وضرورة التخصّص ،

الرسم 2: ظاهرة الحثّ: اذا قربنا موصلا من جسم مشحون ايجابيا، فان جميع الشحنات السلبية للموصّل (ب) تتجه نحو الجانب الأقرب من الجسم الموجب (A) بينما تنتقل الشحنات الايجابية الى الجانب المعكس.

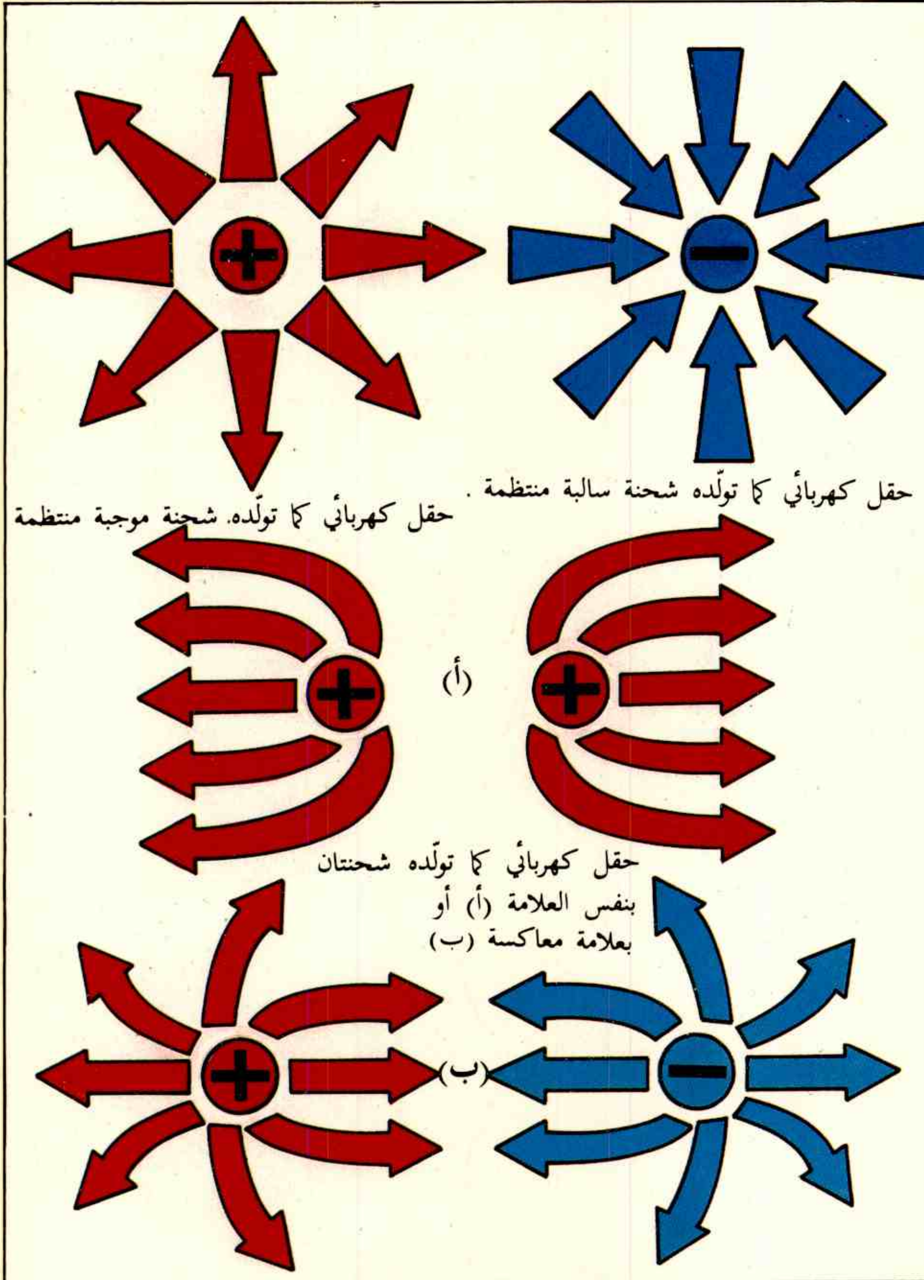


الحقل الكهربائي وخط القوة

إن بالامكان البرهنة على أن شحنة كهربائية قادرة على توليد حقل كهربائي من حولها ، أي أنها قد تغيّر من الفضاء المحيط بها في استقلال عن وجود شحنة كهربائية أخرى . ويدل ذلك على أن إقحام شحنة كهربائية ثانية في الحقل الكهربائي للشحنة الأولى يصلح فقط لاثبات وجود هذه الأخيرة .

ويمثل الحقل الكهربائي برسوم ترمز فيه السهام إلى خطوط القوة التي تبين اتجاه وشدة الحقل وبصفة عامة تظهر الخطوط مزدوجة قرب الشحنة حيث تكون الشدة أكثر قوّة ثم تتنادر بابتعادها عن الشحنة حيث تكون شدة الحقل أقل قوة .

كيف تشكل الشحنة الكهربائية حقلا كهربائيا ؟



حقل كهربائي كما تولّده شحنة سالبة منتظمة .

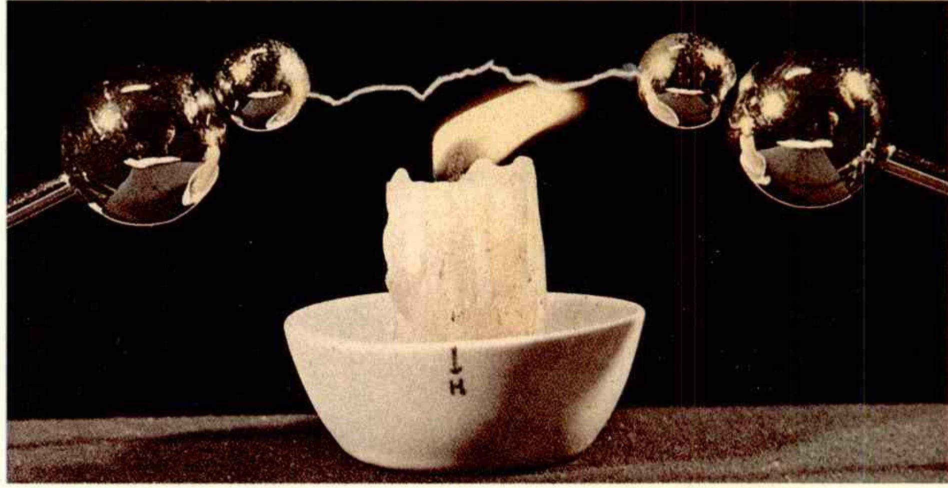
حقل كهربائي كما تولّده. شحنة موجبة منتظمة

حقل كهربائي كما تولّده شحنتان بنفس العلامة (أ) أو بعلامة معاكسة (ب)

ولذلك سنكتفي باعطاء أهمّ المعلومات التي يحتاج اليها غير المتخصص في هذا المجال .

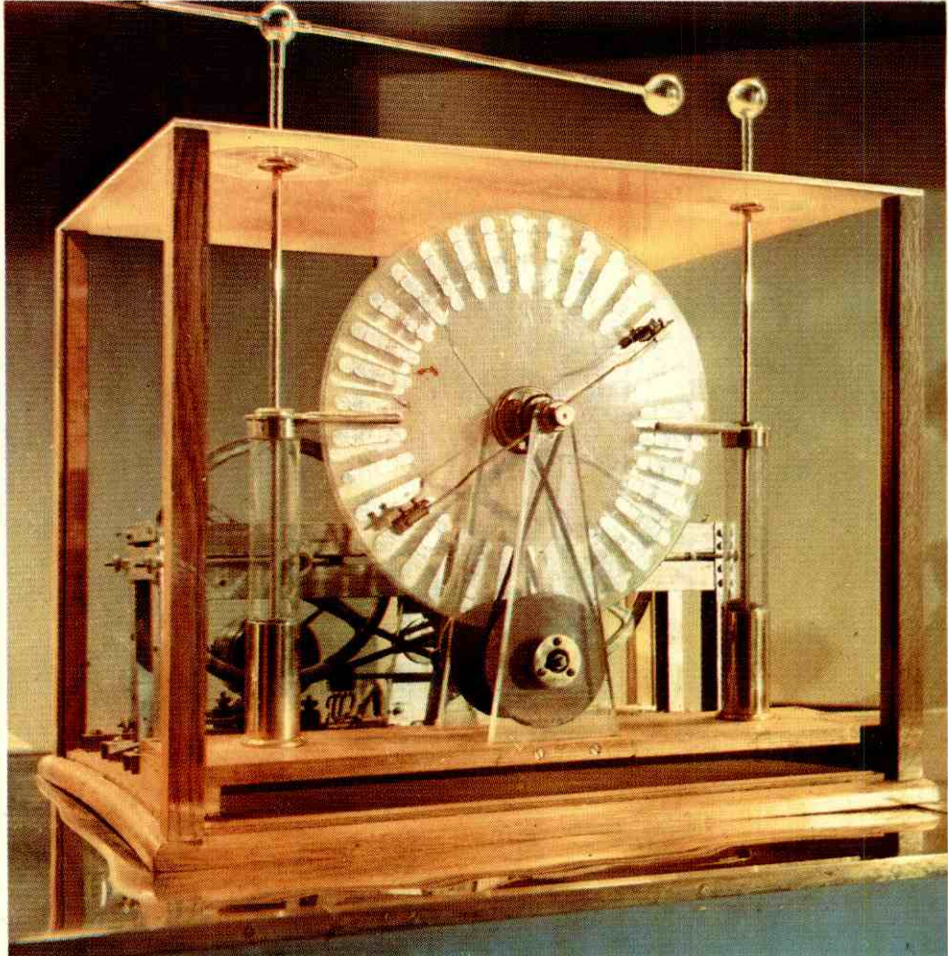
فمن بين الظواهر الكهربائية المهمة مايحدث حين نتناول موصّلًا ذا حدّين ، إذ نلاحظ أن الحقل الكهربائي قرب الحدّين يكون أقوى لأن للحدين **قوة تبديدية** . ويمكن التأكد من ذلك بأخذ شمعة وتقريبها من حدّ موَصّل ، حيث سنلاحظ أن اللهيب ينثني مما يدلّ على وجود «ريح كهربائية» تنتجها حركة الآيونات .

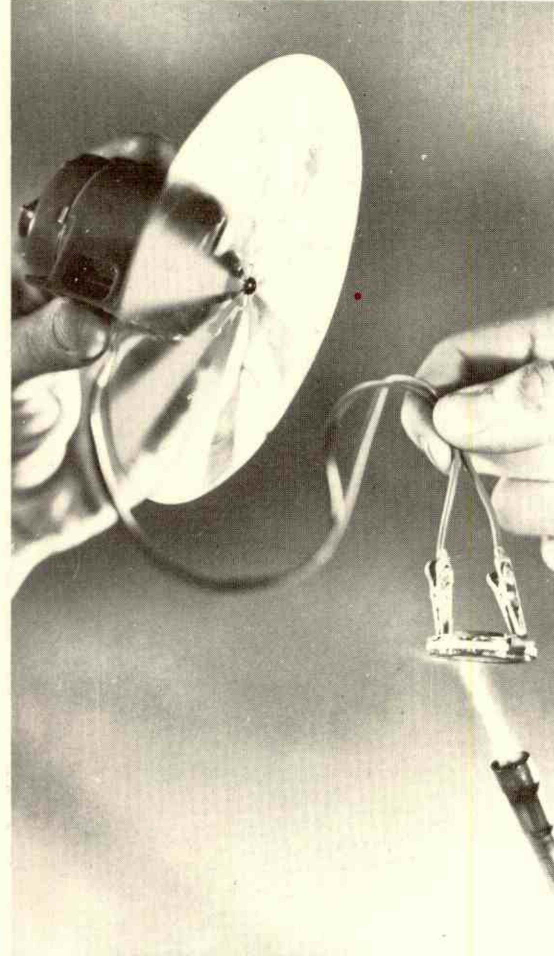
وهناك ظاهرة أخرى تعرف **بالحث** أو **التأثير** ذلك أنه إذا كان هناك جسم (ب) مشحون موجباً وتمّ تقريبه من موَصّل معدني (ج) متعادل ومعزول ، فسنلاحظ بعد فترة زمنيّة ظهور شحنات كهربائية على الموصّل تكون موزّعة بكيفية خاصّة . فالشحنات السالبة تتجه كلها نحو (ب) والشحنات الموجبة تتجه نحو الطرف الآخر . وإذا تمّ ابعاد (ب) فشحنات (ج) تتجمّع من جديد ثم تتعادل ، ويبطل مفعولها .



يوجد في موصل التيار الكهربائي سيل متواصل يعرف بالريح الكهربائية التي تثيرها حركة الايونات، وللتأكد من وجود هذه «الريح» تجرى التجربة المبينة في **الصورة 1** الممثلة للهيب الشمعة الذي ينتي عند مرور التيار.

الصورتان 3 و4: يتجلى التقدم المنجز في ميدان الكهرباء من خلال مقارنة بين هذين الجهازين: مولد للكهرباء السكونية يعرف بآلة وينشورت **Whinshurt** (3) ومحول ايوني حراري (4). ونظرا لما يمثله انتاج الطاقة من مشاكل اقتصادية، فان تصغير احجام الأجهزة الكهربائية وتخفيض تكاليف الانتاج من أهم الاتجاهات التي تسير نحوها الابحاث العلمية في هذا المجال.





المغنـاطيسـيّـة

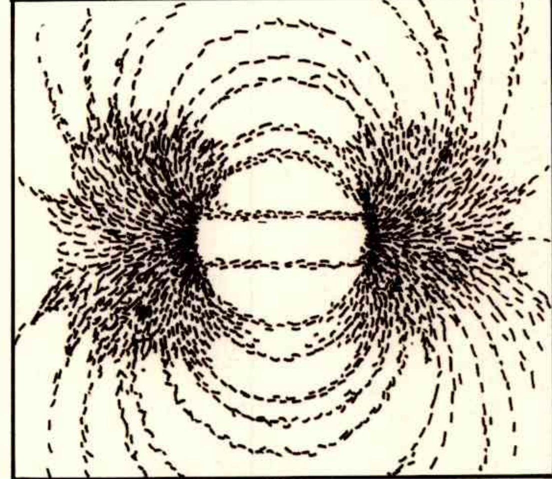
المغناطيس أو الابرة **المغناطيسية** هو كل جسم قادر على اجتذاب صفائح حديديّة أو كل جسم حرّ التنقّل بامكانه أو يتوجه وفق الحقل المغناطيسي للأرض، وتعدّ الأرض أضخم مغناطيس طبيعي عرفه الانسان.

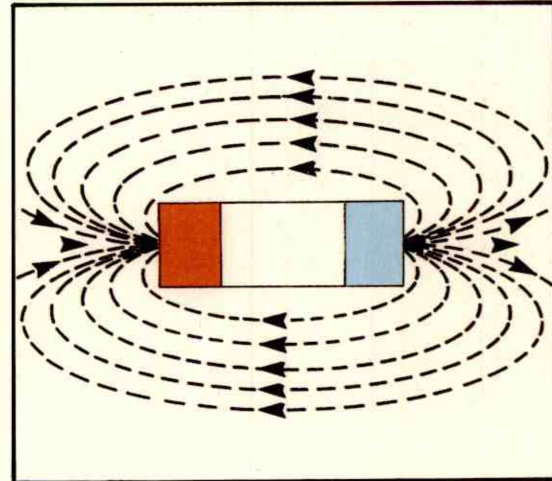
ويسمى طرف المغناطيس الذي يتجه صوب شمال الكرة الأرضية بالقطب الشمالي، في حين يسمى الطرف الذي يتجه نحو جنوبها بالقطب الجنوبيّ. وإذا وضعنا مغناطيسين أحدهما قرب الآخر فسنلاحظ بينهما قوتين متنافرتين وقوتين جاذبيتين. فالقطبان المعاكسان (ش / ج) يتجاذبان والقطبان المتماثلان (ش/ش و ج/ج) يتنافران.

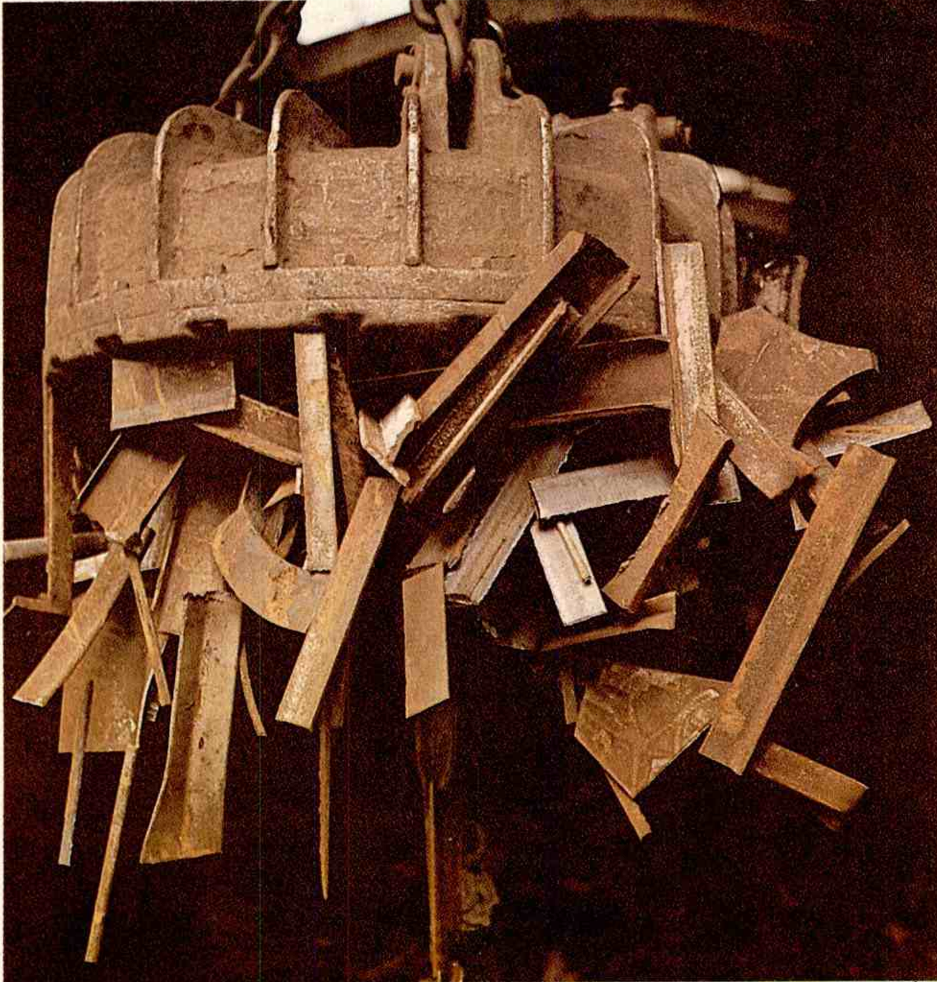
وهناك فرق أساسي بين حقل كهربائي وحقل مغناطيسي. وقد رأينا أن جسما ما قابل للشحن من الناحية الكهربائية موجبا أو سلبيا، بينما المغناطيس يتوفّر دائما على قطب شمالي وقطب جنوبي. كما يمكن فصل الشحنات الكهربائية المتعارضة في حين لا يمكن فصل القطبين المغناطيسيين، أي أنه بالامكان تجزيء مغناطيس إلى قطعتين أو ثلاث قطع ولكن كل قطعة تبقى دائما محتفظة بقطبيها الشمالي والجنوبي.

ما الفرق بين حقل كهربائي وحقل مغنطيسي ؟

لفهم ظاهرة المغنطيسية، يمكن القيام بالتجربة المبينة **في الرسم 1**: توضع شفرة معدنية فوق ورقة وتوضع بوصلة تحت الورقة: سوف تتخذ الشفرة الوضع العادي للحقول المغنطيسية. **الرسم 2**: الاتجاه الاتفاقي لخطوط القوى في مغنطيس قضيبيّ الشكل.
في الصورة: مغنطيس كهربائي.







ماذا يحدث داخل حقل مغنطيسي ؟

الحقل المغناطيسي

يمكن لمغناطيس أن يولد حقلا مغناطيسيّا يكون اتجاهه هو اتجاه الابرة المغناطيسية المتوازنة في نقطة معيّنة ويكون وجهته الاتفاقية هي وجهة الشمال – الجنوب بالنسبة لنفس الابرة .

رأينا سابقا أن التيار الكهربائي ينتج مفعولا مغنطيسيا . وبصفة خاصة ، فالخيط الذي يعبره تيار كهربائي يولد حقلا كهربائيا له خطوط قوى دائريّة يكون مركزها هو الخيط ذاته .

ويتجاذب خيطان متوازيان يخترقهما تيار في نفس الاتجاه ، وذلك بحكم الحقل الكهربائي لكل منهما ، بينما يتنافران حين يعبرهما تياران معاكسان يسيران في اتجاهين متعارضين ، وذلك ما أسفرت عنه تجارب أمبير يمكن صياغتها حسب القاعدة التالية :

ف = ث (ش$_1$ × ش$_2$ ط)/م حيث يرمز حرفا (ش$_1$) و (ش$_2$) إلى شدة التيارين وحرف (ط) إلى طول الموصّلين و (م) إلى المسافة و (ث) إلى ثابثة التناسب .

وهناك ظواهر أخرى مرهونة بالحقل المغناطيسي وهي غاية في التعقيد وأغلبها مازالت قيد العديد من المناقشات بين العلماء لم يتم الاتفاق بشأنها على قواعد وقوانين قارة .

يرتبط توليد التيار الكهربائي بالحقل المغنطيسي. ويمكن لهذا التيار أن يكون متواصلا أو مترددا.

في الرسمين 1و4: قطبان مغنطيسيان رُمِّز اليهما بحرفي ن و س وقد خلقا حقلا مغناطيسيا حول لولبة دوارة فاذا كان طرفا هذه الأخيرة مرتبطين بحلقات نصفية **(رسم 4)** فان التيار يسيل في اتجاه واحد حيث نحصل على تيار متواصل، أما حين تتصل بحلقات نحاسية **(رسم 1)** فاننا نحصل على تيار متردد. **في الرسم 4:** مجال الارتباط.

الرسم 2: توليد تيار: أ: وشيعة دائرة بين قطبين مغنطيسين. في (أ) شدة قصوى من 90 درجة تبدأ في التقلص لتصل الى درجة دنيا تقدر بـ 180 درجة. ويبين المحنى في الرسم أن مابعد 180 درجة تتضاعف الشدة من جديد في الاتجاه المعاكس.

في الصورة: دينامو صغير يشغل ضوء الدراجة. والدينامو من مولدات الطاقة الكهربائية.



التيارات الكهربائيـة

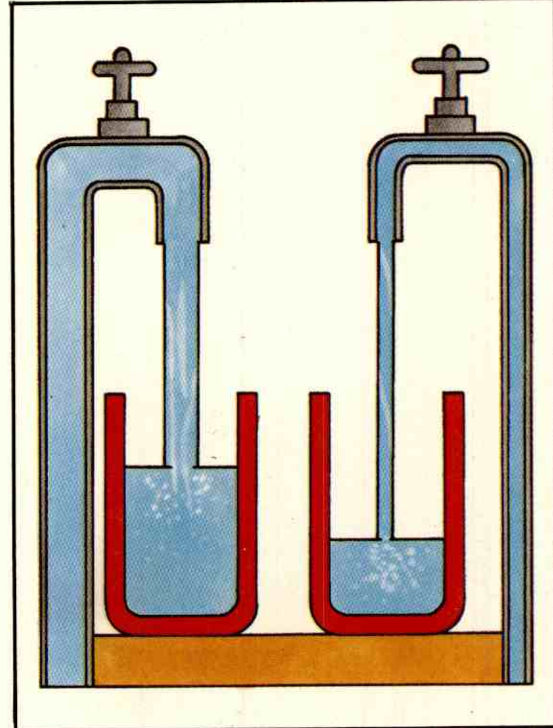
عندما يتم وصل عنصرين موَصّلين مشحونين وبجهدين مختلفين بواسطة خيط موَصّل ، تثار حركة منتظمة من الشحنات انطلاقا من الموصّل الأول إلى الموصّل الثاني . وتتوقف هذه الحركة عندما يتخذ الموصّلان معا نفس الجهد . وتعرف هذه الحركة **بالتيار الكهربائي** .

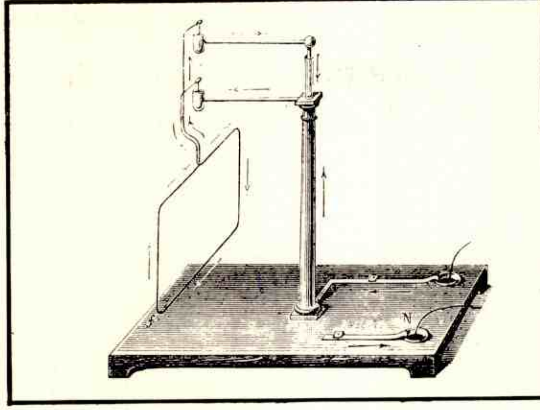
وشدة التيار الكهربائي هي العلاقة بين كمية الكهرباء (ك) التي تمُرّ خلال فاصل زمني قصير جدّاً عبر مقطع الخيط وبين الزمن (ز) أي ش = ك/ز .

ووحدة قياس الشدة هي الأمبير (أ) وهي تحمل اسم الفيزيائي أندريه ماري أمبير . وشدة أمبير واحد تكون عندما تقوم شحنة كهربائية من تولون واحد بالمرور عبر مقطع مَوَصّل في ثانية واحدة .

واتجاه التيار الكهربائي هو الذي تمر به الشحنات من النقطة ذات الجهد الأكثر ارتفاعا إلى نقطة الجهد الأقلّ ارتفاعا .

لتوضيح مبدإ أمبير الذي يعتبر بأن التيار سيل كهربائي، نقارنه بتدفّق الماء من أنبوب. **أسفله**: أنبوبان احدهما ذو قطر أصغر من قطر الثاني مرتين. في زمن محدد، تسيل كمية من الماء من الانبوب الكبير تقدر بضعف الكمية السائلة من الانبوب الصغير. وعلى غرار الماء، الذي تقاس كميته باللتر في الثانية يمكن قياس التيار بالكولون في الثانية، والكولون وحدة لقياس كمية الكهرباء، ويعادل الكولومب الواحد في الثانية أمبيرا واحدا.





الآلة التي تظهر في **الرسم أعلاه** من اختراع أمبير Ampère انطلاقا من دراساته حول الكهرباء. وعندما يمر تيار عبر المستطيل المعلق بخيط الصفر يصبح ممغنطا ويتصرّف تماما كإبرة بوصلة، أي انه يتجه نحو الشمال.

وإذا تم الاحتفاظ بجهد قار عند طرفي المَوَصّل فإن تياراً متواصلا يمرّ عبر هذا الموصّل نفسه . وهناك ظواهر تكشف عن مرور تيار متواصل نذكر أهمها فيمايلي :

أ) **المفعول الحراري** : فالخيط الذي يعبره تيار كهربائي يسخّن ويمكن أن يصير متوهّجاً . وإذا كانت شدة التيار قوية فإن هذا الخيط قد يذوب أحيانا .

ب) **المفعول المغناطيسي** : إن ابرة بوصلة موضوعة قرب خيط يمر به تيار كهربائي تغيّر من اتجاهها .

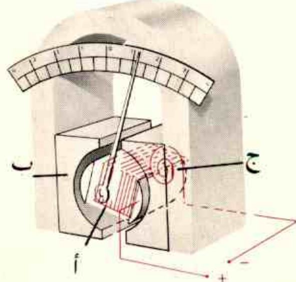
ج) **مفعول التحليل الكهربائي** : إن مرور تيار كهربائي عبر محلول مَوَصّل يثير تحرّر اليكترونات المركبات الكيماوية لكل من الملح أو الحامض أو اليكترونات القاعدة .

كيف نتعرف على مرور تيار متواصل ؟

اندريه ماري أمبير A.M. Ampère، الملقب بنيوتون الكهرباء. ازداد سنة 1775 قرب مدينة ليون بفرنسا، ويرتبط اسمه باكتشاف الكهرطيسية والمغنطيس الكهربائي والتلغراف الكهربائي (الى جانب أراغو Arago).

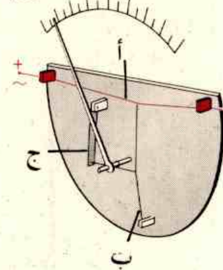


مقياس الأمبير

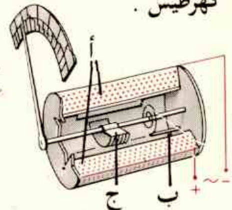


مقياس أمبير بإطار متحرك (أو وشيعة متحركة) . ويستعمل هذا النوع للتيار المتواصل : أ . وشيعة أو إطار بتلفيف . ب . مغنطيس قار بكتل قطبية . ج . نابض لولبي للتمدد

مقياس أمبير الحراري



مقياس أمبير بحديد لين ، أو كهرطيس .



يسارا : مقياس أمبير حراري خاص بالتيار المتردد : يمر التيار عبر سليك (أ) فيسخن ويتمدد . ويقاس الامتداد بتنقل إبرة . (ب) خيط الجهد . (ج) نابض صغير بصفيحة التمدد . يمينا : يستعمل الكهرطيس (ذو الحديد اللين) كذلك للتيار المتردد . وهو أقل دقة من السابق. يوجد بداخل الوشيعة (أ) محث ثابت (ب) وآخر متحرك (ج) . وعند مرور التيار ، يتمغنطسان ويتنافران . وتنقل الحركة المناسبة إلى أبرة تمكن من كشف مباشر على الميناء .

ماهي المقاومة وكيف تقاس ؟

جورج سيمون أوم G.S. Ohm (1789 - 1854) رياضي وفيزيائي يرجع اليه أحد أهم القوانين الكهربائية المعروفة باسمه (قانون أوم). وهو قانون يمكّن من ربط شدة تيار يخترق موصلا كهربائيا بفارق الجهد المسلط عليه وذلك من الناحية الكمية.

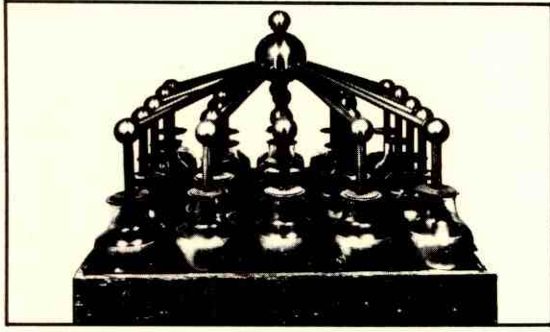


وهناك تيار من نوع آخر يعرف **بالتيار المتردّد** ينعكس فيه الاتجاه دورياً . ويستعمل هذا التيار في الأجهزة الكهربائية نظرا لامكانية مضاعفة أو تقليص شدته .

وبفضل **قانون أوم** ، أمكن التأكد من أن موَصّلا خيطي الشكل يمرّر تياراً كهربائيا ذا شدة تتناسب طرداً مع فارق الجهد بين طرفيه ، أي :
ش = ف / ث ، حيث يرمز حرف (ق) إلى فارق الجهد و (1/ث) إلى ثابتة التناسب المعروف **بالمقاومة** . ويمكن انطلاقا من نفس القاعدة الحصول على الثابتة (ث) ، ذلك أن ث = ف/ث ، حيث أن المقاومة هي خارج القسمة بين فارق الجهد وشدة التيار .

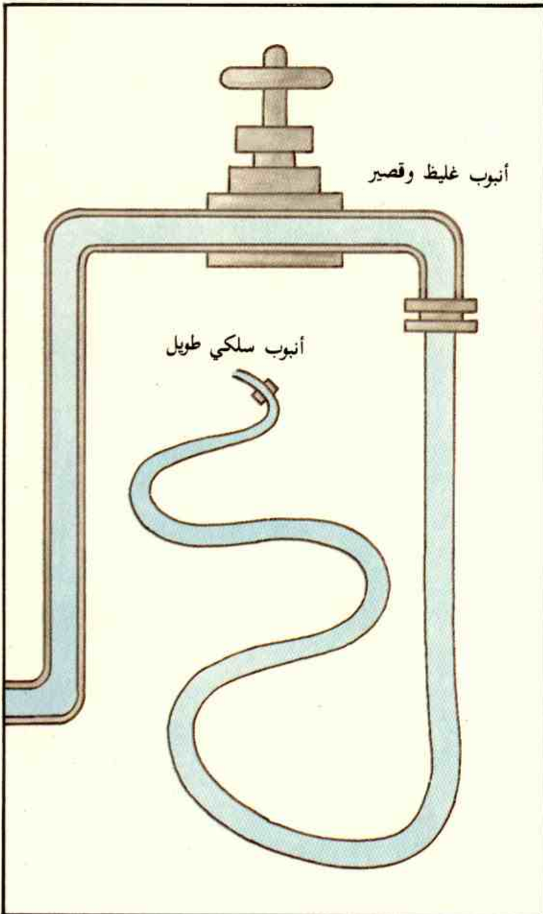
والمقاومة ثابتة مميّزة لكل الأشياء ، وهي تحدّد حسب مادة العناصر وشكلها ودرجة حرارتها .

ولفهم هذه الظاهرة ، نتذكر أن جميع الأجسام الموصّلة تتوفر على اليكترونات وصل ، تنطلق من قطب إلى آخر تحت تأثير حقل كهربائي ، غير ان ذرات الموصّل تعوق حركتها . والمقاومة هي بالذات هذه المعارضة . وتتولّد الحرارة عن اصطدام الاليكترونات بذرات الموصّل ، وتعرف هذه الظاهرة «بمفعول جول» .



الآلة **أعلاه** من اختراع أوم. لقد فكر في انتاج الكهرباء بواسطة مجموعة من القنينات المعروفة بقنينات ليد (Leyde) المتصلة فيما بينها بقضبان نحاسية. وهذه القنينات مغطاة من الداخل بورق القصدير، وتقوم بتكشيف شحنة كهرباء سكونية. وبعد مدة قصيرة لابد من اعادة شحنها.





الصورة جانبه: مقاومة كهربائية.
أسفله: لقد أثبت أوم أن التيار مرهون بمقاومة الدارة التي يخترقها، وذلك على غرار الماء الذي يسيل بسهولة عبر أنبوب السقي ذي الفم الضيق.

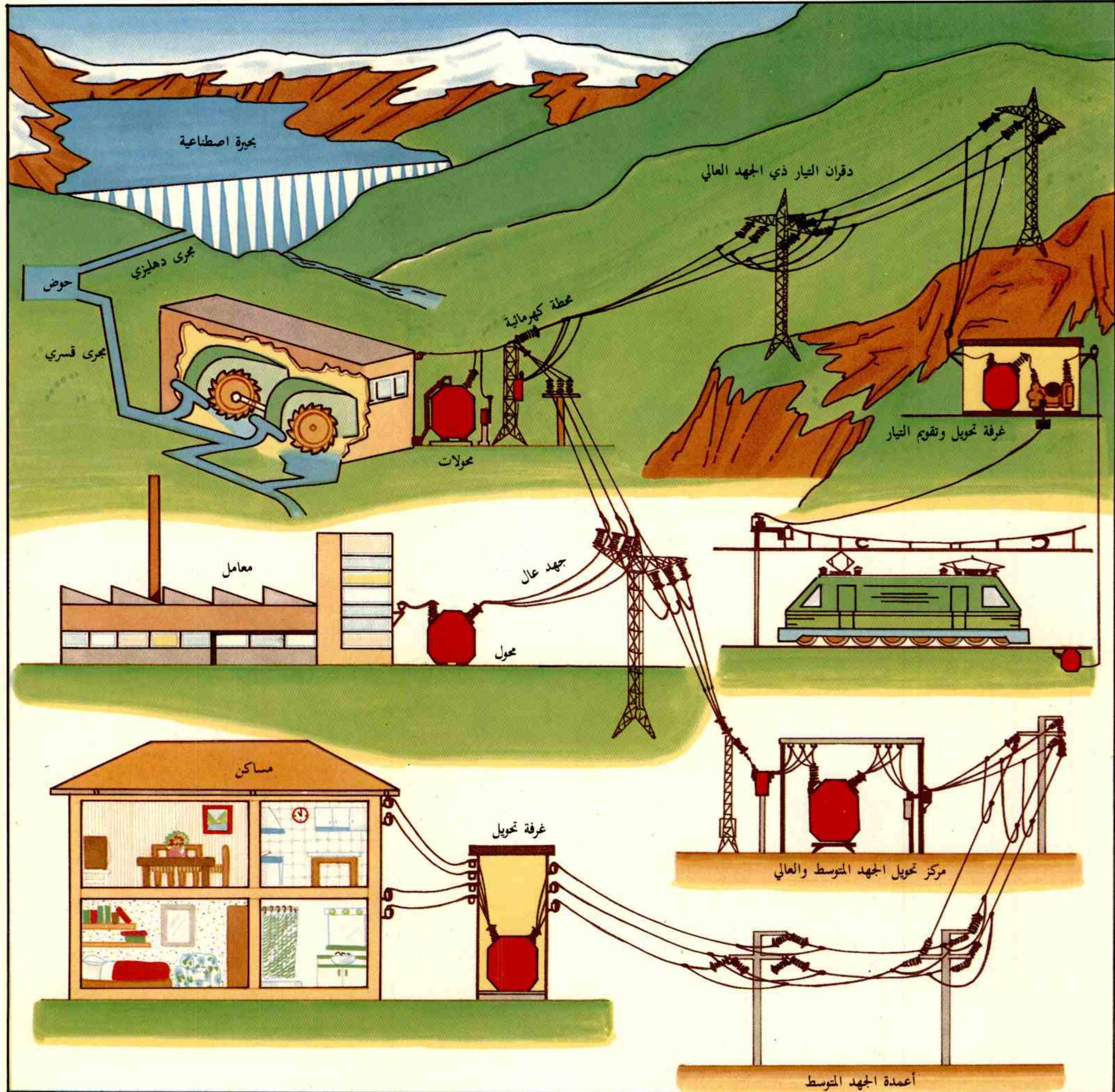
لماذ يسخّن الموصّل عندما يخترقه تيار كهربائي ؟

مفعول جول

رأينا سابقا أن الموصّل يسخّن عندما يعبره تيار كهربائي ، وهذا التسخين هو مفعول جول ويرجع إلى المقاومة التي تواجهها حركة الاليكترونات داخل الموصّل . وكلما كانت مقاومة الموصّل قويّة كلما كانت شدة التيار الذي يخترقه ضعيفة والعكس بالعكس .

ويستعمل مفعول جول في المشعاعات الكهربائية

أسفل: رسم بياني عام لانتاج واستعمال الطاقة الكهربائية في قعر بحيرة اصطناعية ويعتمد النظام كله على الماء.



ماهو الحلّ الكهربائي ؟

المعدّة لتسخين الماء كهربائيا وكذلك في **قاطعات التيار** . وتصنع قاطعات التيار من موادّ ذات درجة ذوبان جدّ منخفضة كالرصاص مثلا ، حيث تذوب عندما يتجاوز التيار **قوة محدّدة فتُقطع الدارة ولا يمرّ التيار**.

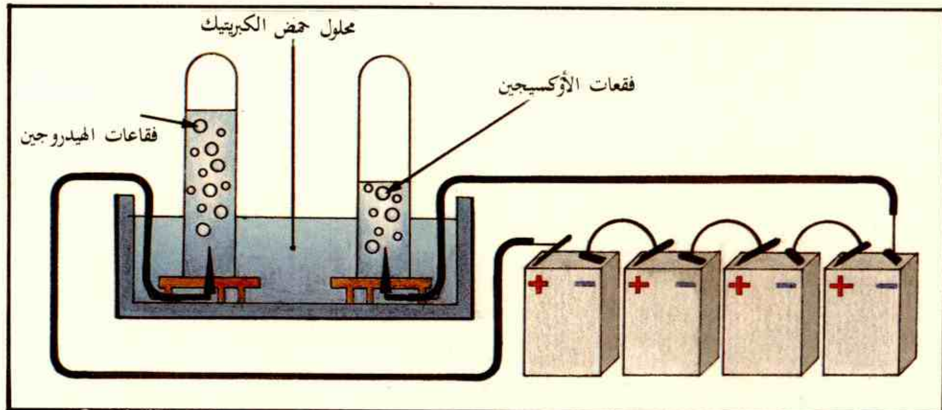
الربط بين الموصّــلات

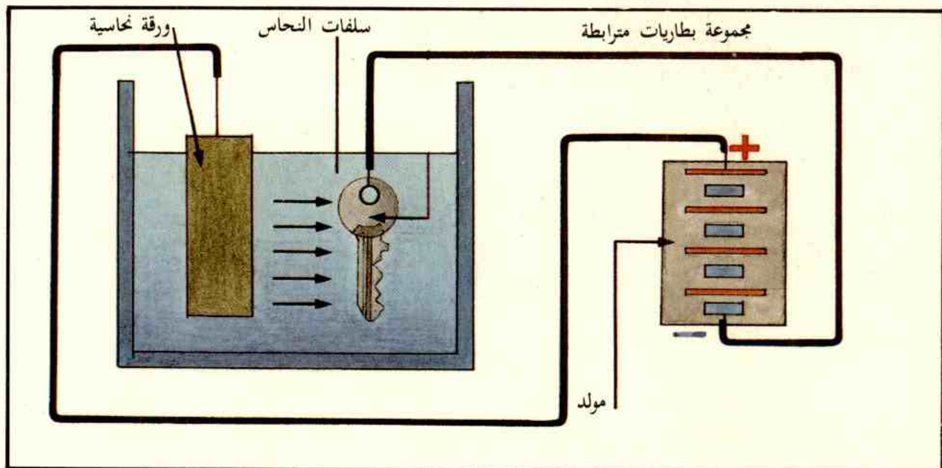
يمكن الوصل بين موصّلين باللف المتوالي أو المتوازي . **فالوصل بالتوالي** يكون عندما يكون الموصّلان موضوعين أحدهما تلو الآخر ممّا يجعل التيار يَعبرها بالتتابع . وفي هذه الحالة تكون المقاومة هي حصيلة مجموع المقاومتين أي : م = م١ + م٢ .

وترتبط الموصّلات بالتوازي عندما يوضعان بكيفية ينقسم معها التيار ماراً عبر المقاومتين ليصُبّ بعد ذلك في موصّل واحد ، وفي هذه الحالة تكون القاعدة هي : 1/م = 1/م١ + 1/م٢ .

التحليل الكهربائــي

إن الماء المقطّر يتميّز بمقاومة قوية للكهرباء إلّا أنه عندما نحلّل فيه حامض أو ملح ، نحصل على محلول ينقل التيار .





و **الالكتروليتات** أو العناصر المنحلّة بالكهرباء هي الموادّ التي تمكن من نقل تيار كهربائي وسط محلول .

ولنتناول طشتا مملوءا بمحلول البكترووليتي ونغطس فيه صفيحتين تعرفان **بقطبين كهربائيين** يكون بينهما فارق في الجهد ، فسنلاحظ نشوء حقل كهربائي يدفع الايونات الموجبة نحو القطب الأول والايونات السالبة نحو القطب الثاني . وتسمى الصّفيحة التي تتجه نحوها الايونات الموجبة **بالمهبط** ، بينما تعرف الصفيحة التي تتجه نحوها الأيونات السالبة بالمَصْعَد .

وعندما تصل الآيونات إلى القطبين الكهربائيين تنتقل إليها شحنتها وتصبح متعادلة ، ويمكنها أن تتطوّر بالتعاقب على حالتها الغازية أو تتفاعل مع المحلول أو تودع على القطبين لتتفاعل معهما .

ويخضع الحلّ الكهربائي الى **قانونين أساسيين** تمخضت عنهما تجارب فاراداي وهما كالتالي :

أ) إن كمية المادة المحلّلة مناسبة طردا مع كمية الشحنة الكهربائية التي تخترق الفولطامتر .

ب) إن كمية المادّة المحلّلة متناسبة طرداً مع حاصل القسمة بين الكتلة الذرّية وعدد تكافؤ المادة المحلّلة (أي عدد الروابط الكيماوية التي تجمع بين ذرة أو إيّون وبين ذرات أو أيونات أخرى في تركيبة واحدة) .

وللتحليل الكهربائي عدة استعمالات عمليّة نذكر من بينها تغطية الأشياء بمعادن ثمينة أو ما يعرف بالتلبيس الكهربائي ، ثم إعداد الموادّ الكيماوية .

وبفضل ظاهرة الحل الكهربائي أمكن التأكد من قابلية قياس الشحنة الكهربائية ، وذلك باستعمال محلول حمض الكبريت والماء وقطبين نحاسيين متصلين ببطارية . وقد رأينا أن **ك** = **ش** × **ز** ، حيث يرمز حرف (ش) الى شدة التيار الكهربائي و (ز) الى الزمن الذي تستغرقه التجربة .

وحدة القياس هي الكولون (كو) وهو كمية الكهرباء المنقولة في ثانية واحدة عبر تيار ذي كثافة من أمبير واحد .

الرسم 1: عن طريق الحلّ بالكهرباء يتم انتاج فقاعات الهيدروجين (أنبوب متصل بالقطب الموجب) والاوكسيجين (أنبوب مرتبط بالقطب السالب): داخل أنبوبين زجاجين مغمورين في محلول الحمض الكبريتي ومتصلين بمجموعة بطاريات.

الرسم 2: صفيحة نحاسية ومفتاح مغمورين في سلفات النحاس ومتصلين بمولد تيار. ويقع مفعول الحل الكهربائي على المفتاح الذي يلتقط طبقة دقيقة من النحاس.

المولّدات الكهربائية

إن كل الأجهزة التي تنتج تياراً كهربيا تعتبر من **المولّدات الكهربائية** . وأبسطها هي بطارية الكسندر فولطا ، العالم الايطالي الذي قام بدراسة الظواهر الكهربائية خلال القرن الثامن عشر . وبطاريته مُولّد يقوم على مبدإ التحليل الكهربائي باستعمال الحمض الكبريتي كمحلول وأسطوانتين إحداهما نحاسية والأخرى زنكية بمثابة قطبين تفصل بينهما أسطوانات لبديّة .

وفي الوقت الراهن تستعمل بطاريات في نوع آخر لا تعتمد على الحلّ الكهربائي إلّا أنها مازالت تحتفظ بنفس اسم سابقاتها .

الرسم 1: بطارية فولتا (Volta) عبارة عن حاشدة رغم أن الجميع يعتبرها مولدا للتيار.

تفصيل لبطارية فولتا: 1.اسطوانة من الزنك؛ 2.ورق مقوى مبلل بالماء المملح؛ 3.اسطوانة من الفضة.

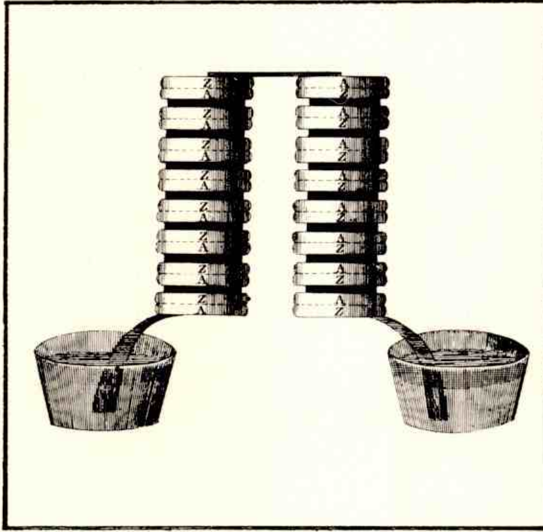
الرسم 2: بطارية فولتا وتوجد في ميلانو بايطاليا.

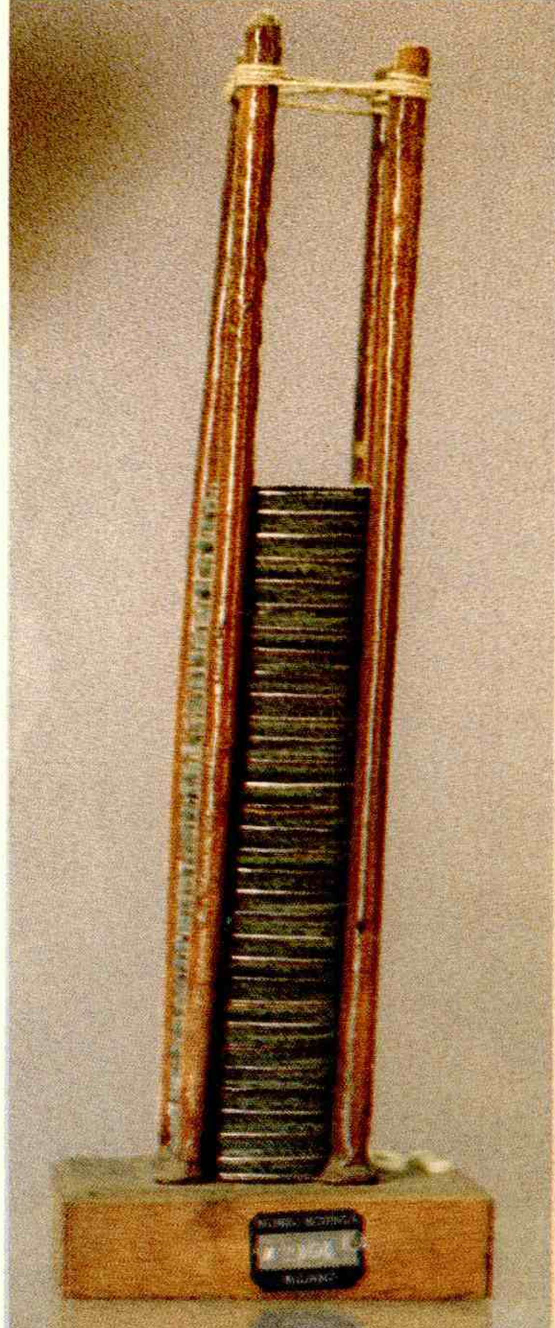
الصورة 3: مولد للتيار: يصل التيار الى غاية القطبين الكهربائيين، احداهما مشحون ايجابيا والآخر سلبيا، فيثير شرارة.

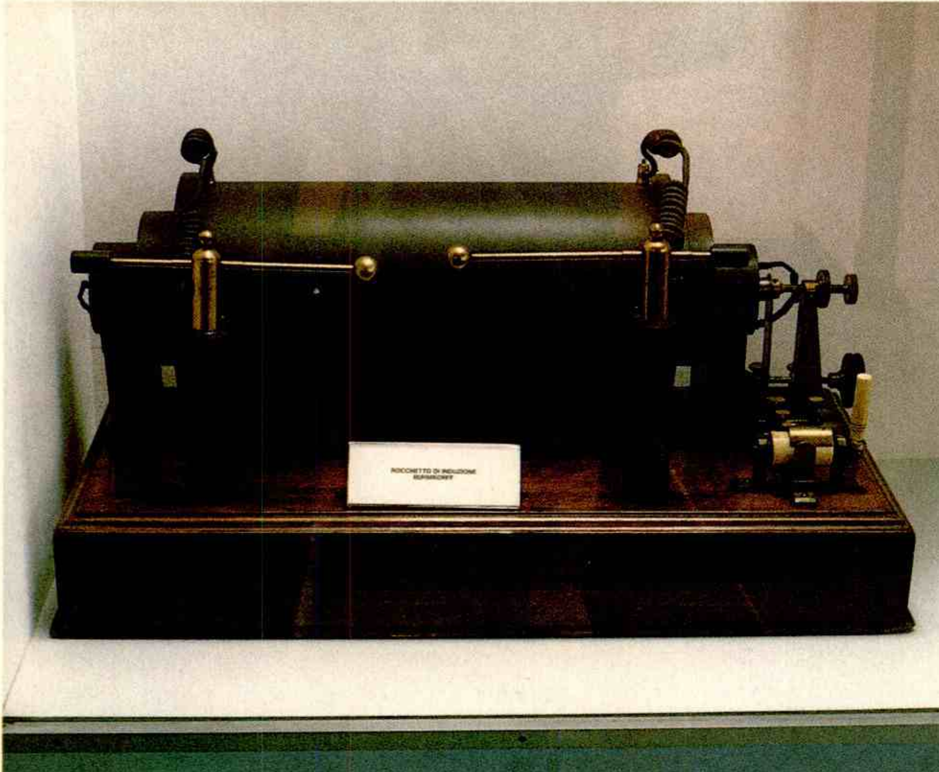
ماهي خصائص المغنطيس ؟



الكنسدر فولتا (A. Volta)، ازداد سنة 1745 بايطاليا وقام برحلات متعددة عبر الاقطار لتعميق دراساته ومقارنة نظرياته مع نظريات علماء عصره.







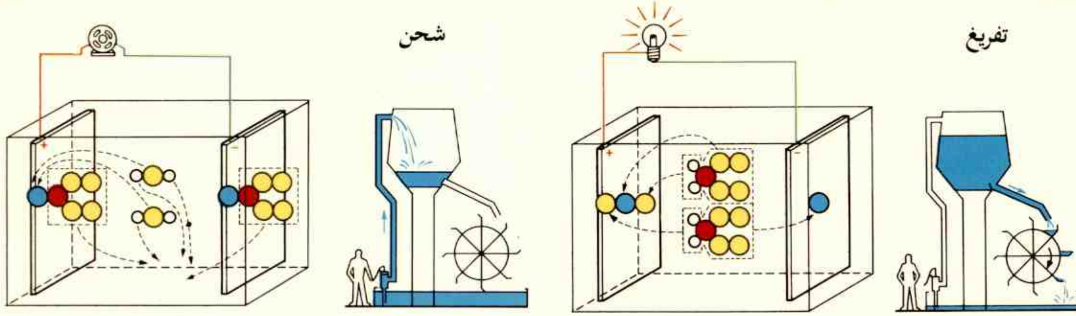
يمكن مقارنة حاشدة بخزان للماء حيث يقوم الماء تعاقبيا بإدارة عجلة ذات شفرات (تفريغ) ثم يعاد ضخه في الخزان (شحن)

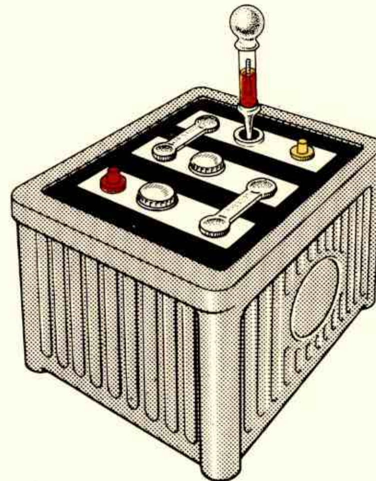
كيمياء الحاشدة : في مجمع مشحون ، **تكون الصفيحة الايجابية مغطاة بفوق أكسيد الرصاص؛ والصفيحة السلبية** من الرصاص . وتوضع الصفيحتان في حمض الكبريتيك المشعشع وهي بذلك تشكل عنصرا كلفانيا من شأنه إنتاج التيار . ويحول كل من الرصاص (−) وفوق أكسيد الرصاص (+) إلى سلفات الرصاص مع تشكل مائي . **وأثناء الشحن، تطبع سلفات** الرصاص على الصفيحة الموجبة من جديد فوق أكسيد الرصاص وعلى الصفيحة السلبية الرصاص .

أثناء التفريغ ، يتكون الماء الأخف وزنا من حمض الكبريتيك ، ولذلك يمكن تحديد حالة الشحن من خلال الوزن النوعي (الكثافة) لاليكترولبت الحاشدة (الكثافة التي تقاس بمكشاف السوائل) .

في حاشدة سيارة تكون الصفائح المشدودة إلى بعضها منفصلة فيما بينها بجدار مسامي رهيف . وينتج هذا الجهاز مقاومة باطنية ضعيفة تتطلبها شدة التيار القصوى التي يعادل إقلاعها حوالي 200 أمبير .

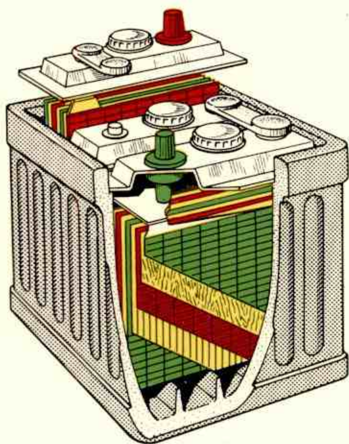
تخفيض سعة حاشدة (بالأحمر) ومضاعفة طاقة الاقلاع الضروري (بالأزرق) حسب انخفاض درجة الحرارة : يكون عرض الشريط الأزرق . مرهونا بكون سيولة أنواع الزيوت المختلفة المعرضة للتجارب ، وبفعل قوة الاقلاع ، تتقلص بأشكال مختلفة مع **الحرارة. وتتضاعف السعة بفعل تركيب** عدة صفائح إيجابية وسلبية مع بعضها . ويصاغ هذا المقياس بالأمبير في الساعة (أم / س) ، فبإمكان حاشدة ذات 60 أم / س أن توفر 3 أم . خلال 20 ساعة ، و 4 أم . خلال 15 ساعة وهكذا دواليك . وعند شحن الحاشدة ، يقدر وزنها النوعي (الكثافة) ب 1،3 أما عند تفريغها فيكون 1،14 .



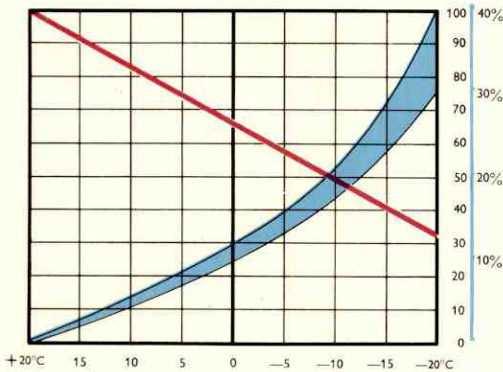


مفرغ و . ن 1،14

مشحون و . ن 1،3







تتقلص سعة حاشدة مع انخفاض الحرارة بينما يتطلب الزيت قدرة أكبر بعد اتخاذه طابعا أكثر لزوجة .